

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-060263

(43)Date of publication of application : 28.02.2003

(51)Int.Cl.

H01L 43/08
G01R 33/09
G11B 5/39
H01F 10/32
H01L 43/10

(21)Application number : 2001-246583

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 15.08.2001

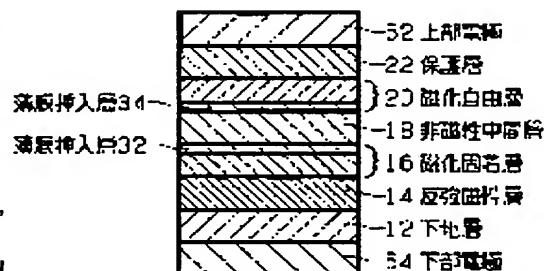
(72)Inventor : YUASA HIROMI
KAMIGUCHI YUZO
YOSHIKAWA MASAHISA
KOUJI KATSUHIKO
IWASAKI HITOSHI
NAGATA TOMOHIKO
SAKAKUBO TAKEO
SAHASHI MASASHI

(54) MAGNETORESISTIVE EFFECT ELEMENT, MAGNETIC HEAD, AND MAGNETIC REPRODUCER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetoresistive effect element with a large variation range in resistance, a magnetic head with the magnetoresistive effect element, and a magnetic reproducer with respect to a vertical conducting type magnetoresistive element having a pin valve structure.

SOLUTION: In a spin valve type element, an interface insertion layer (32 or 34), made of material with large spin dependent interface scattering, is inserted at a magnetized fixed layer (16) or a magnetized free layer (20) on the side of a nonmagnetic intermediate layer (18). In addition, when a nonmagnetic back face layer (36) is inserted in an interface on the side which is not in contact with the nonmagnetic intermediate layer, a spin-dependent interface scattering at an interface of magnetized fixed layer/nonmagnetic back face layer or at an interface of magnetized free layer/nonmagnetic back face layer is available, and the output can be increased.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-60263
(P2003-60263A)

(43) 公開日 平成15年2月28日 (2003.2.28)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テ-マ-コ-ト* (参考) |
|--------------------------------------|------|---------------|---|
| H 0 1 L 43/08 | | H 0 1 L 43/08 | Z 2 G 0 1 7 M 5 D 0 3 4 5 E 0 4 9 |
| G 0 1 R 33/09 | | G 1 1 B 5/39 | |
| G 1 1 B 5/39 | | H 0 1 F 10/32 | |
| H 0 1 F 10/32 | | H 0 1 L 43/10 | |
| 審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 28 頁) 最終頁に続く | | | |

(21) 出願番号 特願2001-246583(P2001-246583)

(22) 出願日 平成13年8月15日 (2001.8.15)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 湯浅 裕美

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 上口 裕三

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100088487

弁理士 松山 允之 (外1名)

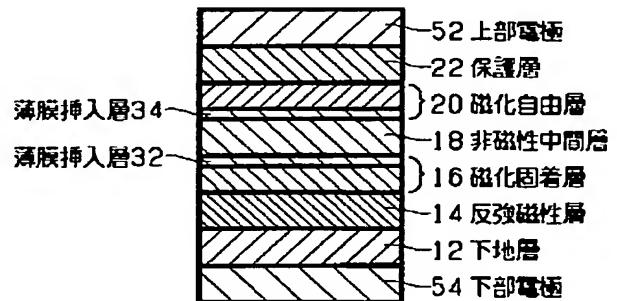
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置

(57) 【要約】

【課題】 スピンバルブ構造の垂直通電磁気抵抗素子において、抵抗変化量の大きい磁気抵抗効果素子、及びこれを用いた磁気ヘッド、磁気再生装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 スピンバルブ型素子において、磁化固着層(16)あるいは磁化自由層(20)の非磁性中間層(18)側にスピン依存界面散乱が大きい材料からなる界面挿入層(32、34)を挿入する。また、非磁性中間層と接しない側の界面に、非磁性背面層(36)を挿入すると、磁化固着層/非磁性背面層界面あるいは磁化自由層/非磁性背面層界面でのスピン依存界面散乱を利用することができ、出力が増大する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)、コバルト(Co)およびニッケル(Ni)のうちの少なくとも2種類の金属を母体元素とする合金からなり、2元合金の場合にはその2種類の母体元素をいずれも25原子%以上含有し、3元合金の場合にはその3種類の母体元素をいずれも5原子%以上含有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】前記薄膜挿入層は、1原子層以上3nm以下の厚さを有することを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】前記薄膜挿入層は、前記磁化固着層と前記非磁性中間層との界面、あるいは前記磁化自由層と前記非磁性中間層との界面からみて距離0から2nmまでの位置において、前記磁化固着層あるいは前記磁化自由層に設けられたことを特徴とする請求項1または2に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】前記薄膜挿入層は、前記磁化固着層の前記非磁性中間層と接していない側の界面、あるいは前記磁化自由層の前記非磁性中間層と接していない側の界面からみて距離0から2nmまでの位置において、前記磁化固着層あるいは前記磁化自由層に設けられたことを特徴とする請求項1または2に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)、コバルト(Co)およびニッケル(Ni)のうちの少なくとも2種類の金属を母体元素とする2元合金または3元合金に、クロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ガリウム

(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、レニウム(Ru)、ルテニウム(Rh)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)およびフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含有する合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項6】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、

前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)が主たる合金、すなわち、2元合金の場合には鉄(Fe)を50%以上含し、3元以上の合金の場合には鉄(Fe)を25%以上含する合金であり、且つ結晶構造が体心立方晶である合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項7】前記鉄(Fe)が主たる合金は、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、ロジウム(Rh)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、ニオブ(Nb)、タンタル(Ta)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、ジルコニウム(Zr)及びハフニウム(Hf)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を含むことを特徴とする請求項6記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】前記鉄(Fe)が主たる合金は、マンガン(Mn)、銅(Cu)、レニウム(Ru)、ルテニウム(Rh)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)及びアルミニウム(Al)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上20原子%以下含むか、あるいは、スカンジウム(Sc)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、ボロン(B)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、フッ素(F)及び窒素(N)からなる群より選択された

少なくとも1種の元素を0.1原子%以上10原子%以下含むことを特徴とする請求項6記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、結晶構造が体心立方晶の鉄(Fe)からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項10】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)とクロム(Cr)とを主成分とする合金であって、クロム(Cr)の含有量が0原子%以上80原子%以下であり、結晶構造が体心立方晶の合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項11】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)とバナジウム(V)とを主成分とする合金であって、バナジウム(V)の含有量が0原子%以上70原子%以下であり、結晶構造が体心立方晶の合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項12】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記

磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、

前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)あるいは鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合には鉄(Fe)を50原子%以上含み、3元合金の場合には鉄(Fe)を25原子%含む合金であって、その中にクロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、レニウム(Re)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)およびフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含有する合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項13】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、

前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)あるいは鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合には鉄(Fe)を50原子%以上含み、3元合金の場合には鉄(Fe)を25原子%含む合金であって、その中にクロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)及びガリウム(Ga)からなる群から選択された少なくともいずれかの元素を0.1原子%以上30原子%以下含むことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項14】前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)にニッケル

ル(Ni)を0.1原子%以上5原子%以下含むことを特徴とする請求項12または13に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項15】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいづれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、コバルト(Co)あるいは鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合にはコバルト(Co)を50原子%以上含み、3元合金の場合にはコバルト(Co)を25原子%含む合金であって、その中にクロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、レニウム(Ru)、ルテニウム(Rh)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)およびフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含有する合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項16】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいづれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、コバルト(Co)あるいは鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合には鉄(Co)を50原子%以上含み、3元合金の場合には鉄

(Co)を25原子%含む合金であって、その中にクロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、銅(Cu)及びハフニウム(Hf)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含む合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項17】前記薄膜挿入層は、コバルト(Co)に、鉄(Fe)及びニッケル(Ni)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上5原子%以下含むことを特徴とする請求項15または16に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項18】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいづれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、ニッケル(Ni)あるいは鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合にはニッケル(Ni)を50原子%以上含み、3元合金の場合にはニッケル(Ni)を25原子%含む合金であって、その中にクロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、レニウム(Ru)、ルテニウム(Rh)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)およびフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含有する合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項19】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセン

ス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、ニッケル(Ni)あるいは鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合には鉄(Ni)を50原子%以上含み、3元合金の場合には鉄(Ni)を25原子%含む合金であって、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)及びハフニウム(Hf)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含む合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項20】前記薄膜挿入層は、ニッケル(Ni)に、鉄(Fe)及びコバルト(Co)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.5原子%以上5原子%以下含むことを特徴とする請求項18または19に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項21】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、

前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、結晶構造が体心立方晶である鉄(Fe)-コバルト(Co)系合金であって、その中に、クロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、レニウム(Re)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)及びフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上10原子%以下含む合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項22】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に

対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、

前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、結晶構造が体心立方晶である鉄(Fe)-コバルト(Co)系合金であって、その中に、銅(Cu)を0.1原子%以上10原子%以下含む合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項23】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、

前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、結晶構造が体心立方晶である鉄(Fe)-コバルト(Co)系合金であって、その中に体心立方構造として存在しうる厚さ0.03nm以上1nm以下の、クロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、レニウム(Re)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)及びフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素からなる層が周期的に挿入された合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項24】磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、

前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、

を備え、

前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともい
ずれかは、薄膜挿入層を有し、

前記薄膜挿入層は、結晶構造が体心立方晶である鉄（Fe）
—コバルト（Co）系合金であって、その中に体心
立方構造として存在する厚さ0.03nm以上1nm
以下の、銅（Cu）からなる層が周期的に挿入された合
金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項25】前記磁化自由層の前記非磁性中間層と接
していない側の界面に隣接して銅（Cu）、金（Au）
および銀（Ag）、さらにこれらのうち少なくとも2種から
なる合金のいずれかからなる背面挿入層が設けられたこ
とを特徴とする請求項1～24のいずれか1つに記載の
磁気抵抗効果素子。

【請求項26】請求項1～25のいずれか1つに記載の
磁気抵抗効果素子を備えたことを特徴とする磁気ヘッ
ド。

【請求項27】請求項26記載の磁気ヘッドを備え、磁
気記録媒体に磁気的に記録された情報の読み取りを可能
としたことを特徴とする磁気再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗効果素
子、磁気ヘッド及び磁気再生装置に関し、より詳細に
は、磁気抵抗効果膜の膜面に対して垂直方向にセンス電
流を流す構造の磁気抵抗効果素子、これを用いた磁気ヘ
ッド及び磁気再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、磁気記録媒体に記録された情報の
読み出しは、コイルを有する再生用の磁気ヘッドを記録
媒体に対して相対的に移動させ、そのときに発生する電
磁誘導でコイルに誘起される電流を検出する方法によっ
て行われてきた。その後、磁気抵抗効果素子（Magnetor
esistive effect element）が開発され、磁場センサに
用いられる他、ハードディスクドライブ等の磁気再生装
置に搭載される磁気ヘッド（MRヘッド）として用いら
れてきた。

【0003】近年、磁気記録媒体の小型化・大容量化が
進められ、情報読み出し時の再生用磁気ヘッドと磁気記
録媒体との相対速度が小さくなってきているため、小さ
い相対速度であっても大きな出力が取り出せるMRヘッ
ドへの期待が高まっている。

【0004】このような期待に対して、鉄（Fe）層／
クロム（Cr）層や、鉄（Fe）層／銅（Cu）層のよ
うに強磁性金属膜と非磁性金属膜とをある条件で交互に
積層して、近接する強磁性金属膜間を反強磁性結合させ
た多層膜、いわゆる「人工格子膜」が巨大な磁気抵抗効
果を示すことが報告されている（Phys. Rev. Lett. 61
2474（1988）、Phys. Rev. Lett., vol. 64, p2304（199
0）等参照）。しかし、人工格子膜は磁化が飽和するため

に必要な磁場が高いため、MRヘッド用の膜材料には適
さない。

【0005】これに対し、強磁性層／非磁性層／強磁性
層のサンドイッチ構造の多層膜で、強磁性層が反強磁性
結合しない場合でも、大きな磁気抵抗効果を実現した例
が報告されている。すなわち、非磁性層を挟んだ2層の
強磁性層の一方に交換バイアス磁場を印加して磁化を固
定しておき、他方の強磁性層を外部磁場（信号磁場等）
により磁化反転させる。これにより、非磁性層を挟んで
配置された2つの強磁性層の磁化方向の相対的な角度を
変化させることによって、大きな磁気抵抗効果が得られ
る。このようなタイプの多層膜は「スピンバルブ（spin
valve）」と呼ばれている。（Phys. Rev. B, vol. 45, p
806（1992）、J. Appl. Phys., vol. 69, p4774（1981）等
参照）。

【0006】スピンバルブは低磁場で磁化を飽和させる
ことができるため、MRヘッドに適しており、既に実用
化されている。しかし、その磁気抵抗変化率は最大でも
約20%までであり、面記録密度100Gbps（ギ
ガビット毎平方インチ）以上に対応するためには更に高
い磁気抵抗変化率を有する磁気抵抗効果素子が必要とな
ってきた。

【0007】磁気抵抗効果素子においては、センス電流
を素子膜面に対して平行方向に流すCIP（Current-in-
Plane）型の構造と、センス電流を素子膜面に対して垂
直方向に流すCPP（Current Perpendicular to Plan
e）型の構造とがある。そして、CPP型の磁気抵抗効
果素子が、CIP型の素子の10倍程度の磁気抵抗変化
率を示すとの報告があり（J. Phys. Condens. Matter.,
vol. 11, p5717（1999）等）、磁気抵抗変化率100%
の達成も不可能ではない。

【発明が解決しようとする課題】ところが、これまで報
告されているCPP型の素子は、主に人工格子を用いた
ものであり、総膜厚の厚いことと、界面数の多いことが
抵抗変化量（出力絶対値）の大きい所以であった。しか
し、ヘッドとしての磁気特性を満たすためには、スピン
バルブ構造を有することが望ましい。

【0008】図28は、スピンバルブ構造を有するCPP
型の磁気抵抗効果素子を模式的に表す断面図である。
すなわち、磁気抵抗効果膜Mは、上部電極52と下部電
極54に挟持され、センス電流Iは膜面に対して垂直方
向に流れる。磁気抵抗効果膜Mの基本的な膜構造は、同
図に表したように、下部電極54の上に、下地層12、
反強磁性層14、磁化固着層16、非磁性中間層18、
磁化自由層20、保護層22が順次積層された構造を有
する。

【0009】これらの層は、基本的にはすべて金属から
なる。磁化固着層16（「ピン層」とも称される）は、
磁化が実質的に一方向に固着された磁性層である。ま
た、磁化自由層20（「フリー層」とも称される）は、

磁化の方向が外部磁界に応じて自由に变化しうる磁性層である。

【0010】ところが、このようなスピバルブ構造は、人工格子と比較すると総膜厚が薄くて界面数が少ないために、膜面に対して垂直方向に通電をすると、素子の抵抗が小さく、出力の絶対値も小さくなってしまふ。

【0011】例えば、従来CIP構造に用いている膜構造のスピバルブ膜をそのままCPP構造に用いて膜面に対して垂直方向に通電すると、 $1\mu\text{m}^2$ あたりの出力の絶定値は $A\Delta R$ は、およそ $1\text{m}\Omega\mu\text{m}^2$ ほどしか得られない。つまり、スピバルブ膜を用いたCPP型磁気抵抗効果素子を実用化するためには、出力増大が重要であり、このためには、磁気抵抗効果素子のうちで、スピン依存伝導に関与する部分の抵抗値を上げ、抵抗変化量を大きくすることが極めて効果的である。

【0012】本発明は、かかる課題の認識に基づいてなされたものであり、その目的は、スピバルブ構造の垂直通電型磁気抵抗素子において、スピン依存界面散乱とスピン依存バルク散乱の大きな材料からなる層をそれぞれ適所に設けることにより、スピン依存伝導をする部分の抵抗値を適切な値まで上げ、ひいては抵抗変化量を大きくすることにより高い磁気抵抗変化量を実現した磁気抵抗効果素子、及びこれを用いた磁気ヘッド、磁気再生装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】垂直通電型の磁気抵抗効果素子の出力は、磁性層と非磁性層の界面でのスピン依存散乱（界面散乱）と、磁性層内でのスピン依存散乱（バルク散乱）によって決定される。そこで、非磁性層との界面にはスピン依存界面散乱の大きな材料、磁性層中大半を占める部分にはスピン依存バルク散乱の大きな材料を持ってくると、大きな出力増大効果が期待できる。

【0013】また、磁化固着層あるいは磁化自由層の、非磁性中間層と接しない方の界面に、非磁性背面層を入れると、磁化固着層／非磁性背面層界面あるいは磁化自由層／非磁性背面層界面でのスピン依存界面散乱を利用することができる。ここで、磁化固着層／非磁性背面層界面、あるいは磁化自由層／非磁性背面層界面に、スピン依存界面散乱の大きな材料を適用することで、出力が増大する。

【0014】また、磁化固着層あるいは磁化自由層の中のいずれかの位置に、異種材料を挿入することはバンド構造に変調を与えることになるので、出力増大の可能性がある。

【0015】本発明者は、かかる観点から独自の試作検討を進め、以下に詳述する独特の磁気抵抗効果素子を発明するに至った。

【0016】すなわち、本発明の第1の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して

变化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、鉄（Fe）、コバルト（Co）およびニッケル（Ni）のうちの少なくとも2種類の金属を母体元素とする合金からなり、2元合金の場合にはその2種類の母体元素をいずれも25原子%以上含有し、3元合金の場合にはその3種類の母体元素をいずれも5原子%以上含有することを特徴とする。

【0017】上記構成によれば、スピン依存散乱を増大させ、磁気抵抗変化を増加させることができる。

【0018】ここで、前記薄膜挿入層は、1原子層以上3nm以下の厚さを有するものとすることができる。

【0019】また、前記薄膜挿入層は、前記磁化固着層と前記非磁性中間層との界面、あるいは前記磁化自由層と前記非磁性中間層との界面からみて距離0から2nmまでの位置において、前記磁化固着層あるいは前記磁化自由層に設けられたものとすることができる。

【0020】また、前記薄膜挿入層は、前記磁化固着層の前記非磁性中間層と接していない側の界面、あるいは前記磁化自由層の前記非磁性中間層と接していない側の界面からみて距離0から2nmまでの位置において、前記磁化固着層あるいは前記磁化自由層に設けることができる。

【0021】また、本発明の第2の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して变化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、鉄（Fe）、コバルト（Co）およびニッケル（Ni）のうちの少なくとも2種類の金属を母体元素とする2元合金または3元合金に、クロム（Cr）、バナジウム（V）、タンタル（Ta）、ニオブ（Nb）、スカンジウム（Sc）、チタン（Ti）、マンガン（Mn）、銅（Cu）、亜鉛（Zn）、ガリウム（Ga）、ゲルマニウム（Ge）、ジルコニウム（Zr）、ハフニウム（Hf）、イットリウム（Y）、テクネチウム（Tc）、レニウム（Re）、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、イリジウム（Ir）、パラジウム（Pd）、白金（Pt）、銀（Ag）、金（Au）、ボロン（B）、アルミニウム（Al）、インジウム（In）、

炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)およびフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含有する合金からなることを特徴とする。

【0022】また、本発明の第3の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)が主たる合金、すなわち、2元合金の場合には鉄(Fe)を50%以上含し、3元以上の合金の場合には鉄(Fe)を25%以上含する合金であり、且つ結晶構造が体心立方晶である合金からなることを特徴とする。

【0023】ここで、前記鉄(Fe)が主たる合金は、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、ロジウム(Rh)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、ニオブ(Nb)、タンタル-Ta)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、ジルコニウム(Zr)及びハフニウム(Hf)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を含むものとすることができる。

【0024】または、前記鉄(Fe)が主たる合金は、マンガン(Mn)、銅(Cu)、レニウム(Ru)、ルテニウム(Ru)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)及びアルミニウム(Al)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上20原子%以下含むか、あるいは、スカンジウム(Sc)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、ボロン(B)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、フッ素(F)及び窒素(N)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上10原子%以下含むものとすることができる。

また、本発明の第4の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面

に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、結晶構造が体心立方晶の鉄(Fe)からなることを特徴とする。

【0025】また、本発明の第5の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)とクロム(Cr)とを主成分とする合金であって、クロム(Cr)の含有量が0原子%以上80原子%以下であり、結晶構造が体心立方晶の合金からなることを特徴とする。

【0026】また、本発明の第6の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)とバナジウム(V)とを主成分とする合金であって、バナジウム(V)の含有量が0原子%以上70原子%以下であり、結晶構造が体心立方晶の合金からなることを特徴とする。

【0027】また、本発明の第7の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、鉄(Fe)あるいは鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合には鉄(Fe)を50原子%以上含み、3元合金の場合には鉄(Fe)を25原子%含む合金であって、その中にクロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル-Ta)、ニオブ(Nb)、スカン

ジウム (Sc)、チタン (Ti)、マンガン (Mn)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ガリウム (Ga)、ゲルマニウム (Ge)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、イットリウム (Y)、テクネチウム (Tc)、レニウム (Re)、ルテニウム (Ru)、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、パラジウム (Pd)、白金 (Pt)、銀 (Ag)、金 (Au)、ボロン (B)、アルミニウム (Al)、インジウム (In)、炭素 (C)、シリコン (Si)、スズ (Sn)、カルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr)、バリウム (Ba)、酸素 (O)、窒素 (N) およびフッ素 (F) からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含有する合金からなることを特徴とする。

【0028】また、本発明の第8の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、鉄 (Fe) あるいは鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni) からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合には鉄 (Fe) を50原子%以上含み、3元合金の場合には鉄 (Fe) を25原子%含む合金であって、その中にクロム (Cr)、バナジウム (V)、タンタル (Ta)、ニオブ (Nb)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn) 及びガリウム (Ga) からなる群から選択された少なくともいずれかの元素を0.1原子%以上30原子%以下含むことを特徴とする。

【0029】ここで、前記薄膜挿入層は、鉄 (Fe) にニッケル (Ni) を0.1原子%以上5原子%以下含むものとすることができる。

【0030】また、本発明の第9の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、コバルト (Co) あるいは鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni) からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合にはコバルト (Co) を50原子%以上含み、3元合金の場合にはコバル

ト (Co) を25原子%含む合金であって、その中にクロム (Cr)、バナジウム (V)、タンタル (Ta)、ニオブ (Nb)、スカンジウム (Sc)、チタン (Ti)、マンガン (Mn)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ガリウム (Ga)、ゲルマニウム (Ge)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、イットリウム (Y)、テクネチウム (Tc)、レニウム (Re)、ルテニウム (Ru)、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、パラジウム (Pd)、白金 (Pt)、銀 (Ag)、金 (Au)、ボロン (B)、アルミニウム (Al)、インジウム (In)、炭素 (C)、シリコン (Si)、スズ (Sn)、カルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr)、バリウム (Ba)、酸素 (O)、窒素 (N) およびフッ素 (F) からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含有する合金からなることを特徴とする。

【0031】また、本発明の第10の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、コバルト (Co) あるいは鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni) からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合には鉄 (Co) を50原子%以上含み、3元合金の場合には鉄 (Co) を25原子%含む合金であって、その中にクロム (Cr)、バナジウム (V)、タンタル (Ta)、ニオブ (Nb)、スカンジウム (Sc)、チタン (Ti)、マンガン (Mn)、銅 (Cu) 及びハフニウム (Hf) からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含む合金からなることを特徴とする。

【0032】ここで、前記薄膜挿入層は、コバルト (Co) に、鉄 (Fe) 及びニッケル (Ni) からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上5原子%以下含むものとすることができる。

【0033】また、本発明の第11の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通电するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿

入層は、ニッケル(Ni)あるいは鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合にはニッケル(Ni)を50原子%以上含み、3元合金の場合にはニッケル(Ni)を25原子%含む合金であって、その中にクロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、レニウム(Re)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)およびフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含有する合金からなることを特徴とする。

【0034】また、本発明の第12の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、ニッケル(Ni)あるいは鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)からなる2元あるいは3元の合金であり、2元合金の場合には鉄(Ni)を50原子%以上含み、3元合金の場合には鉄(Ni)を25原子%含む合金であって、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)及びハフニウム(Hf)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上30原子%以下含む合金からなることを特徴とする。

【0035】ここで、前記薄膜挿入層は、ニッケル(Ni)に、鉄(Fe)及びコバルト(Co)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.5原子%以上5原子%以下含むものとすることができる。

【0036】また、本発明の第13の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の

膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、結晶構造が体心立方晶である鉄(Fe)-コバルト(Co)系合金であって、その中に、クロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、レニウム(Re)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)及びフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素を0.1原子%以上10原子%以下含む合金からなることを特徴とする。

【0037】また、本発明の第14の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、結晶構造が体心立方晶である鉄(Fe)-コバルト(Co)系合金であって、その中に、銅(Cu)を0.1原子%以上10原子%以下含む合金からなることを特徴とする。

【0038】また、本発明の第15の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電氣的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、結晶構造が体心立方晶である鉄(Fe)-コバルト(Co)系合金であって、その中に体心立方構造として存在する厚さ0.03nm以上1nm以下の、クロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、スカンジウム(Sc)、チタン(Ti)

i)、マンガン(Mn)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、レニウム(Re)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)及びフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素からなる層が周期的に挿入された合金からなることを特徴とする。

【0039】また、本発明の第16の磁気抵抗効果素子は、磁化方向が実質的に一方向に固着された磁性体膜を有する磁化固着層と、磁化方向が外部磁界に対応して変化する磁性体膜を有する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に設けられた非磁性金属中間層と、を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して略垂直な方向にセンス電流を通電するために前記磁気抵抗効果膜に電気的に接続された一対の電極と、を備え、前記磁化固着層と前記磁化自由層のうちの少なくともいずれかは、薄膜挿入層を有し、前記薄膜挿入層は、結晶構造が体心立方晶である鉄(Fe)-コバルト(Co)系合金であって、その中に体心立方構造として存在する厚さ0.03nm以上1nm以下の、銅(Cu)からなる層が周期的に挿入された合金からなることを特徴とする。

【0040】ここで、前記磁化自由層の前記非磁性中間層と接していない側の界面に隣接して銅(Cu)、金(Au)および銀(Ag)、さらにこれらのうち少なくとも2種からなる合金のいずれかからなる背面挿入層が設けられたものとすることができる。

【0041】一方、本発明の磁気ヘッドは、前述した第1乃至第16のいずれかの磁気抵抗効果素子を備えたことを特徴とし、従来よりも大幅に高い出力を得ることができる。

【0042】また、本発明の磁気再生装置は、この磁気ヘッドを備え、磁気記録媒体に磁気的に記録された情報の読み取りを可能としたことを特徴とする。

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

【0043】図1は、本発明の実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の要部断面構造を例示する模式図である。本具体例の磁気抵抗効果素子は、下部電極54の上に、下地層12、反強磁性層14、磁化固着層16、非磁性中間層18、磁化自由層20、保護層22、上部電極52がこの順に積層された構造を有する。つまり、磁気抵抗効果膜は、上部電極52と下部電極54に挟持され、センス電流は膜面に対して垂直方向に流れる。

【0044】図示した磁気抵抗効果素子の中で、磁気抵抗効果を担うのは、磁化固着層16／非磁性中間層18／磁化自由層20の部分である。

【0045】すなわち、この部分においては、スピン分極した電子に対して、スピンに依存した抵抗が生じ、スピン依存抵抗が生ずる。そして、本発明によれば、以下に詳述するように、これら磁化固着層16と磁化自由層20に、独特の材料からなる薄膜挿入層32及び34を挿入することにより、素子の出力、すなわち磁気抵抗変化量の絶対値を増大させ、実用に耐え得る垂直通電型の磁気抵抗効果素子を実現することができる。

【0046】すなわち、垂直通電素子の出力は、磁性層と非磁性層との界面でのスピン依存散乱(界面散乱)と、磁性層内部でのスピン依存散乱(バルク散乱)とによって決定される。そして、磁性層と非磁性層との界面にはスピン依存界面散乱の大きな材料を配し、磁性層中の大半を占める部分にはスピン依存バルク散乱の大きな材料を配することにより、大きな出力増大効果が見込める。

【0047】本発明者は、独自に試作・検討を行った結果、磁化固着層16や磁化自由層20の一部として、独特の材料からなる薄膜挿入層を挿入すると、これらスピン依存散乱を促進し、磁気抵抗変化を大きくできることを知得した。

【0048】本発明において挿入する薄膜挿入層については、後に実施例を参照しつつ詳述するものとし、まず、本発明の磁気抵抗効果素子を構成するそれ以外の各要素について説明する。

【0049】まず、下地層12は、その上の磁化自由層20や磁化固着層16の結晶性を改善する機能や、さらに界面の平滑性を高める機能などを有する材料により形成することが望ましい。このような材料としては、例えば、Cr(クロム)を約40%含むような、Ni(ニッケル)-Fe(鉄)-Cr合金を挙げることができる。図示は省略したが、高配向させるために、下地層12と反強磁性層14との間に、例えばNiFe、Ru(ルテニウム)、Cu(銅)などからなる層を挿入してもよい。

【0050】反強磁性層14は、磁化固着層16の磁化を固着する役割を有する。すなわち、PtMn(白金マンガン)、IrMn(イリジウムマンガン)、PdPtMn(パラジウム白金マンガン)、NiMnなどからなる反強磁性層14を磁化固着層16と隣接して設けることにより、その界面にて発生する交換結合バイアス磁界を用いて磁化固着層16の磁化を一方向に固着することができる。

【0051】磁化固着層16の磁化固着効果を上げるためには、反強磁性層14と磁化固着層16との間に、磁気結合中間層(図示せず)を挿入することが望ましい。磁気結合中間層の材料としては、例えば、Fe、Co

(コバルト)、Niなどを主成分とする強磁性合金を用いることができる。また、その層厚は、0.1~3nm程度と極力薄いことが磁化固着層16の磁化を抑制するために必要とされる。

【0052】また、磁気結合中間層としては、スピンバルブGMRに採用される積層フェリ型の強磁性体層／反平行結合層／強磁性体層からなるいわゆる「シンセティック型」の積層構成も固着磁化を抑制するために好ましい。

【0053】非磁性中間層18は、磁化固着層16と磁化自由層20との磁気結合を遮断する役割を有する。さらに、磁化固着層16から磁化自由層20へ流れるアップスピン電子が散乱されないように、非磁性中間層18と磁化固着層16（薄膜挿入層32）との界面を良好に形成する役割を有することが望ましい。

【0054】非磁性中間層18の材料としては、例えば、Cu（銅）、Au（金）、Ag（銀）、Ru（ルテニウム）、Ir（イリジウム）、Pd（パラジウム）、Cr（クロム）、Mg（マグネシウム）、Al（アルミニウム）、Rh（ロジウム）、Pt（白金）などを用いることができる。またその膜厚は、磁化自由層20と磁化固着層16との間の磁気結合が十分に遮断できる程度に厚く、磁化固着層16からのアップスピン電子が散乱されない程度に薄いことが必要であり、材料に異なるが概ね0.5~5nmの範囲にあることが望ましい。

【0055】保護層22は、磁気抵抗効果膜の積層体をパターンニング加工などの際に保護する役割を有する。

【0056】以上、説明した各要素を有する垂直通電型の磁気抵抗効果素子において、図1に表したように、磁化固着層16の一部として薄膜挿入層32を挿入し、磁化自由層20の一部として薄膜挿入層34を挿入すると、磁気抵抗変化量を増大できる。

【0057】以下、本発明における薄膜挿入層32、34の具体的な構成について説明する前に、本発明において採用しうる磁気抵抗効果素子の他の具体例について概説する。

【0058】図2乃至図5は、本発明の実施の形態にかかる磁気抵抗効果素子の他の具体例を表す模式図である。これらの図については、図1に表したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0059】図2に表した磁気抵抗効果素子は、図1に表したものの積層順序を入れ替えたものである。この場合にも、磁化固着層16の非磁性中間層18との界面に薄膜挿入層32を挿入し、磁化自由層20の非磁性中間層18との界面に薄膜挿入層34を挿入することにより、図1に関して前述したものと同様の効果が得られる。

【0060】また、図3に表した磁気抵抗効果素子の場合、磁化固着層を反強磁性結合層40で分割し、第1の磁化固着層16Aと第2の磁化固着層16Bにおける磁

化の方向を反平行に固着することによって、磁化固着層全体としての磁化を低減させ、反強磁性層14による磁化ビニング力を増加させることが可能となる。

【0061】この場合にも図4に表したように、薄膜挿入層32、34を、磁化固着層16と磁化自由層20にそれぞれ挿入することにより、前述したようなスピン散乱効果が得られ効果的である。

【0062】また、図4に表した磁気抵抗効果素子の場合、薄膜挿入層32、34がそれぞれ強磁性体Fと非磁性体Nとを交互に積層した積層体からなる。

【0063】一方、図5に表した磁気抵抗効果素子の場合、薄膜挿入層32、34がそれぞれ異なる2種の強磁性体F1、F2を交互に積層した積層体からなる。

【0064】本発明の効果は、以下の2通りの素子で確認した。

【0065】その1つめは、図26に例示したような垂直通電素子構造を有する。以下、その作製プロセスに沿ってこの素子の構造を説明する。

【0066】まず、Si（シリコン）基板（図示せず）上に AlO_x を500nm成膜し、その上にレジストを塗布、PEP（PhotoEngraving Process）により下部電極54となる部分のレジストを除去する。

【0067】次に、RIE（Reactive Ion Etching）によりレジストのない部分の AlO_x を除去し、Ta（5nm）／Cu（400nm）／Ta（20nm）からなる下部電極を成膜する。ここで、括弧内の数字は、膜厚を表す（以下同様）。

【0068】次に、下部電極を形成しない部分では AlO_x が表面に出るように、CMP（Chemical Mechanical Polishing）で平滑化する。その上にサイズ $3 \times 3 \mu m^2 \sim 5 \times 5 \mu m^2$ の磁気抵抗効果膜Mを作製した。

ここで、一部の素子では磁気抵抗効果膜の側面にCoPtからなるハード膜60を30nm作製した。

【0069】パシベーション膜70として SiO_x を200nm成膜し、磁気抵抗効果膜Mの中央付近にコンタクトホール（ $0.3 \mu m \phi \sim 3 \mu m \phi$ ）をRIEとイオンミリングにより開口した。

【0070】その後、上部電極52（Ta（5nm）／Cu（400nm）／Ta（5nm））と電極パッド（Au（200nm））を作製した。

【0071】2つめの素子は、図27に表したような構造を有する。下部電極54とCMPまでは上記したプロセスと同様にした。その上に磁気抵抗効果膜Mを作成し、長手方向を2μmから5μmまでに規定した。

【0072】パシベーション膜70となる SiO_x を厚み200nm作成し、長手方向から90度の方向に1.5μmから5μmまでにサイズを規定した。ここでは磁気抵抗効果膜Mの全体にセンス電流が一様に流れるように、磁気抵抗効果膜Mの直上に、Auを100nm成膜し、その後、1つめの素子と同様に上部電極52と

電極パッドを作成した。

【0073】これらの素子について、4端子法を用いて電気抵抗特性を測定し、出力については差違のないことを確認した。また、結晶構造解析はCu-K α 線を用いて行い、モフォロジーは断面TEM (Transmission Electron Microscopy) 観察にて確認し、組成分布についてはn-EDX (Energy Dispersive X-ray spectroscopy) で調べた。また、合金中の特定の元素についてEXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) 電子状態を調べた。

【0074】以下、まず本発明の第1乃至第4の実施例として、磁化固着層16または磁化自由層20と非磁性中間層18との間に挿入する薄膜挿入層32、34の適正な膜厚について検討した結果を説明する。

【0075】(第1の実施例) 図1に例示した構造において、磁化自由層20と磁化固着層16がそれぞれNi₈₀Fe₂₀層と薄膜挿入層Co₅₀Fe₅₀合金層とから成る磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

| | | |
|------------|-------------------------------------|----------|
| 保護層22 | : Ta | (10 nm) |
| 磁化自由層20の一部 | : Ni ₈₀ Fe ₂₀ | (5-x nm) |
| 薄膜挿入層34 | : Co ₅₀ Fe ₅₀ | (x nm) |
| 非磁性中間層18 | : Cu | (3 nm) |
| 薄膜挿入層32 | : Co ₅₀ Fe ₅₀ | (x nm) |
| 磁化固着層16の一部 | : Ni ₈₀ Fe ₂₀ | (5-x nm) |
| 反強磁性層14 | : PtMn | (15 nm) |
| 第2下地層12 | : NiFeCr | (5 nm) |
| 第1下地層12 | : Ta | (5 nm) |

すなわち、磁化自由層20と磁化固着層16の総膜厚はそれぞれ5 nmとし、薄膜挿入層となるCo₅₀Fe₅₀層の層厚xを0 nmから5 nmまで変化させた複数の素子を作製した。また、本実施例においては、磁化固着層16に挿入される薄膜挿入層32の膜厚と、磁化自由層20に挿入される薄膜挿入層34の膜厚をいずれも同じx nmとした。

【0076】図6は、抵抗変化量の薄膜挿入層Co₅₀Fe₅₀厚さ依存性を表すグラフ図である。すなわち、同図の横軸は薄膜挿入層の層厚を表し、縦軸は素子面積1 μm^2 あたりの抵抗変化量 ΔR を表す。

【0077】同図から、薄膜挿入層の層厚を増やした場合、層厚0.5 nm付近から ΔR が増加し始め、層厚1 nmで約1.4倍となり、その後も増加し続けることが分かる。薄膜挿入層があまり薄い場合は、ミキシング(合金化)により所望のCo₅₀Fe₅₀薄膜挿入層ができていないために出力が上がらないと考えられる。したがって、ミキシングの恐れがないようなきれいな膜質の素子の場合、更に薄い薄膜挿入層であっても効果が見込める。

【0078】薄膜挿入層の膜厚が薄い場合に得られる ΔR の増大は、スピン依存界面散乱の増大によるものと考えられる。但し、Co₅₀Fe₅₀はスピン依存バルク散乱も大きいので、膜厚を増すことで出力がさらに上昇していることが分かる。

【0079】図7は、磁化自由層の保持力の薄膜挿入層の厚さ依存性を表すグラフ図である。すなわち、同図に横軸は薄膜挿入層の層厚を表し、縦軸は磁化自由層の保持力H_cを表す。

【0080】図7から、薄膜挿入層を厚くするにつれて保持力H_cが増大し、1 nmでは150 e (エルステッド) を越えてしまうことが分かる。磁化自由層の保持力が高くなると外部磁場に対する感度が低下するため、薄膜挿入層の層厚には上限が生ずる。

【0081】したがって、磁化自由層と磁化固着層とを対称形とした構成、すなわち磁化自由層20と磁化固着層16をそれぞれNi₈₀Fe₂₀層と薄膜挿入層Co₅₀Fe₅₀合金層とから成るものとし、両者に同一の層厚の薄膜挿入層を設ける場合には、 ΔR の増大とH_cの抑制の観点から、薄膜挿入層32、34の層厚は、0.5 nm以上1 nm以下とするのが実用的と言える。

【0082】(第2の実施例) 次に、本発明の第2の実施例として、図1に表した構造において、磁化自由層20と磁化固着層16がそれぞれ、Co₉₀Fe₁₀と薄膜挿入層Co₅₀Fe₅₀合金から成る磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

| | | |
|------------|-------------------------------------|----------|
| 保護層22 | : Ta | (10 nm) |
| 磁化自由層20の一部 | : Co ₉₀ Fe ₁₀ | (5-x nm) |
| 薄膜挿入層34 | : Co ₅₀ Fe ₅₀ | (x nm) |
| 非磁性中間層18 | : Cu | (3 nm) |
| 薄膜挿入層32 | : Co ₅₀ Fe ₅₀ | (x nm) |
| 磁化固着層16の一部 | : Co ₉₀ Fe ₁₀ | (5-x nm) |
| 反強磁性層14 | : PtMn | (15 nm) |
| 第2下地層12 | : NiFeCr | (5 nm) |
| 第1下地層12 | : Ta | (5 nm) |

本実施例においても、磁化自由層20と磁化固着層16の膜厚はそれぞれ5 nmとし、Co₅₀Fe₅₀からなる薄膜挿入層32、34の膜厚を0 nmから5 nmまで変化させた複数の素子を作製した。

【0083】図8は、抵抗変化量の薄膜挿入層Co₅₀Fe₅₀厚さ依存性を表すグラフ図である。すなわち、同図の横軸は薄膜挿入層の層厚を表し、縦軸は素子面積1 μm^2 あたりの抵抗変化量 ΔR を表す。

【0084】同図から、薄膜挿入層の層厚を増やした場合、0.5 nmで ΔR は増加し始め、1 nmで約1.5倍、その後も増加し続けることが分かる。この場合も、薄膜挿入層があまり薄い場合は、ミキシング(合金化)により所望のCo₅₀Fe₅₀薄膜挿入層ができて

いないために出力が上がらないと考えられる。したがって、ミキシングの恐れがないようなきれいな膜質の素子の場合は、更に薄い薄膜挿入層であっても効果が見込める。

【0085】薄膜挿入層の膜厚が薄い場合に得られる $A\Delta R$ の増大は、スピン依存界面散乱の増大によるものと考えられる。但し、 $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ はスピン依存バルク散乱も大きいので、膜厚を増すことで出力がさらに上昇していることが分かる。

【0086】図9は、磁化自由層の保持力の薄膜挿入層の厚さ依存性を表すグラフ図である。すなわち、同図に横軸は薄膜挿入層の層厚を表し、縦軸は磁化自由層の保持力 H_c を表す。

【0087】図9から、薄膜挿入層を厚くするにつれて保持力 H_c が増大し、0.75nmでは150eを越えてしまうことが分かる。磁化自由層の保持力が高くなると外部磁場に対する感度が低下するため、薄膜挿入層の層厚には上限が生ずる。

【0088】したがって、本実施例の場合にも、磁化自由層と磁化固着層とを対称形とした構成、すなわち磁化自由層20と磁化固着層16をそれぞれ $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 層と薄膜挿入層 $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 合金層とから成るものとし、両者に同一の層厚の薄膜挿入層を設ける場合には、 $A\Delta R$ の増大と H_c の抑制の観点から、薄膜挿入層32、34の層厚は、0.5nm以上0.75nm以下とするのが実用的と言える。

【0089】(第3の実施例)次に、本発明の第3の実施例として、図1に表した構造において、磁化自由層20には薄膜挿入層34を挿入せずに層厚5nmの $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ に固定し、磁化固着層16のみを $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 層と $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 薄膜挿入層32とから成る層とした磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

| | | |
|------------|----------------------------------|---------|
| 保護層22 | : Ta | (10nm) |
| 磁化自由層20 | : $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ | (5nm) |
| 非磁性中間層18 | : Cu | (3nm) |
| 薄膜挿入層32 | : $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ | (xnm) |
| 磁化固着層16の一部 | : $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ | (5-xnm) |
| 反強磁性層14 | : PtMn | (15nm) |
| 第2下地層12 | : NiFeCr | (5nm) |
| 第1下地層12 | : Ta | (5nm) |

本実施例においても、磁化固着層16の膜厚は5nmとし、 $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ からなる薄膜挿入層32の膜厚を0nmから5nmまで変化させた複数の素子を作製した。

【0090】図10は、抵抗変化量の薄膜挿入層 $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 厚さ依存性を表すグラフ図である。すなわち、同図の横軸は薄膜挿入層の層厚を表し、縦軸は素子

面積 $1\mu\text{m}^2$ あたりの抵抗変化量 $A\Delta R$ を表す。

【0091】同図から、薄膜挿入層の層厚を増やした場合、本実施例においては0.75nmで $A\Delta R$ は増加し始め磁化固着層16を完全に置換した5nmで約1.6倍となることが分かる。本実施例においても、薄膜挿入層があまり薄い場合は、ミキシング(合金化)により所望の $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ 薄膜挿入層ができていないために出力が上がらないと考えられる。したがって、ミキシングの恐れがないようなきれいな膜質の素子の場合は、更に薄い薄膜挿入層であっても効果が見込める。

【0092】薄膜挿入層の膜厚が薄い場合に得られる $A\Delta R$ の増大は、スピン依存界面散乱の増大によるものと考えられる。但し、 $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ はスピン依存バルク散乱も大きいので、膜厚を増すことで出力がさらに上昇していることが分かる。

【0093】図11は、磁化自由層の保持力の薄膜挿入層の厚さ依存性を表すグラフ図である。すなわち、同図に横軸は薄膜挿入層の層厚を表し、縦軸は磁化自由層の保持力 H_c を表す。

【0094】薄膜挿入層を磁化固着層16のみに挿入した場合には、磁化固着層と磁化自由層の両方に挿入した場合に比べて、 H_c は抑制される。しかし、スピンバルブ膜全体の結晶性が劣化し始める厚さ5nmに達すると、 H_c は100eを越えてしまう。

【0095】したがって、磁化固着層のみに $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ から成る薄膜挿入層32を挿入する場合には、 $A\Delta R$ の増大と H_c の抑制の観点から、薄膜挿入層32の層厚は、0.75nm以上4nm以下とするのが実用的と言える。

【0096】(第4の実施例)次に、本発明の第4の実施例として、図1に表した構造において、磁化固着層16は $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (2nm)/ $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ (3nm)に固定し、磁化自由層20として $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 層に $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 薄膜挿入層を挿入した構造の磁気抵抗効果膜を作製した。膜構成は以下の通りである。

| | | |
|------------|----------------------------------|---------|
| 保護層22 | : Ta | (10nm) |
| 磁化自由層20の一部 | : $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ | (5-xnm) |
| 薄膜挿入層34 | : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ | (xnm) |
| 非磁性中間層18 | : Cu | (3nm) |
| 磁化固着層16 | : $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ | (3nm) |
| 磁化固着層16 | : $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ | (2nm) |
| 反強磁性層14 | : PtMn | (15nm) |
| 第2下地層12 | : NiFeCr | (5nm) |
| 第1下地層12 | : Ta | (5nm) |

すなわち、本実施例においては、磁化自由層20の総膜厚は5nmとし、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ からなる薄膜挿入層34の膜厚を0nmから5nmまで変化させた複数の素子

子を製作した。

【0097】図12は、抵抗変化量の薄膜挿入層 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 厚さ依存性を表すグラフ図である。すなわち、同図の横軸は薄膜挿入層の層厚を表し、縦軸は素子面積 $1\mu\text{m}^2$ あたりの抵抗変化量 ΔR を表す。

【0098】同図から、薄膜挿入層の層厚を増やした場合、本実施例においては0.25nmで ΔR は増加し始め、2nmで最大値をとることが分かる。本実施例においても、薄膜挿入層があまり薄い場合は、ミキシング（合金化）により所望の $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 薄膜挿入層ができていないために出力が上がらないと考えられる。したがって、ミキシングの恐れがないようなきれいな膜質の素子の場合、更に薄い薄膜挿入層であっても効果が見込める。

【0099】また、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 薄膜は、スピン依存界面散乱を増大させる効果は大きい、スピン依存バルク散乱の点では、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ のほうが勝るため、薄膜挿入層34の膜厚を厚くすると出力が低下する傾向を示す。

【0100】図13は、磁化自由層の保持力の薄膜挿入層の厚さ依存性を表すグラフ図である。すなわち、同図に横軸は薄膜挿入層の層厚を表し、縦軸は磁化自由層の保持力 H_c を表す。

【0101】薄膜挿入層34が厚くなるにつれて、 H_c は上昇するがその傾向は緩やかであり、全体的に100e以内に抑えられている。

【0102】したがって、磁化固着層16を $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ （2nm）／ $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ （3nm）に固定し、磁化自由層20に薄膜挿入層 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ を挿入した場合には、 ΔR の増大と H_c の抑制の観点から、薄膜挿入層34の層厚は、0.25nm以上2.5nm以下とすることが実用的と言える。

【0103】次に、本発明の第5乃至第12の実施例として、磁化固着層と磁化自由層に挿入する薄膜挿入層の材料について検討した結果を説明する。

【0104】（第5の実施例）まず、本発明の第5の実施例として、図1に例示した構造の磁気抵抗効果素子を作製した。その膜構成は以下の通りである。

| | | |
|------------|----------------------------------|--------|
| 保護層22 | : Ta | (10nm) |
| 磁化自由層20の一部 | : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ | (3nm) |
| 薄膜挿入層34 | : X | (2nm) |
| 非磁性中間層18 | : Cu | (3nm) |
| 薄膜挿入層32 | : X | (2nm) |
| 磁化固着層16の一部 | : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ | (3nm) |
| 反強磁性層14 | : PtMn | (15nm) |
| 第2下地層12 | : NiFeCr | (5nm) |
| 第1下地層12 | : Ta | (5nm) |

ここで、薄膜挿入層32、34の材料Xとして、5種類

のFe-Co系合金（Co、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 、 $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ 、 $\text{Fe}_{80}\text{Co}_{20}$ 、Fe）をそれぞれ用いた。薄膜挿入層32、34の材料と、得られた ΔR との関係を以下に示す。

| | |
|--------------------------------|--|
| X | : ΔR ($\text{m}\Omega\mu\text{m}^2$) |
| Co | : 0.6 |
| $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ | : 0.8 |
| $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ | : 1.55 |
| $\text{Fe}_{80}\text{Co}_{20}$ | : 1.45 |
| Fe | : 1.35 |

なおここで、組成Xが $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ の場合は、磁化固着層16、磁化自由層20の他の部分と同一の組成となるため、薄膜挿入層32、34の区別はつかない。上記の結果から、薄膜挿入層32、34の材料としてFe-Co系合金を用いた場合、結晶構造が体心立方晶となる、 $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ 、 $\text{Fe}_{80}\text{Co}_{20}$ 、Feを挿入した場合に、 ΔR を増加する効果が得られることが判明した。これとは反対に、Coを用いた場合に至っては、挿入前より ΔR が減少することも判明した。

【0105】従って、薄膜挿入層32、34の材料としてFe-Co系合金を用いる場合には、結晶構造が体心立方晶となる組成のものをを用いることが望ましい。

【0106】（第6の実施例）次に、本発明の第6の実施例として、以下の膜構成を有する磁気抵抗効果素子を作成した。

| | | |
|------------|----------------------------------|--------|
| 保護層22 | : Ta | (10nm) |
| 磁化自由層20の一部 | : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ | (3nm) |
| 薄膜挿入層34 | : X | (2nm) |
| 非磁性中間層18 | : Cu | (3nm) |
| 薄膜挿入層32 | : X | (2nm) |
| 磁化固着層16の一部 | : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ | (3nm) |
| 反強磁性層14 | : PtMn | (15nm) |
| 第2下地層12 | : NiFeCr | (5nm) |
| 第1下地層12 | : Ta | (5nm) |

ここで、薄膜挿入層32、34の材料Xとして、5種類のFe-Ni系合金（Ni、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 、 $\text{Fe}_{50}\text{Ni}_{50}$ 、 $\text{Fe}_{90}\text{Ni}_{10}$ 、Fe）をそれぞれ用いた。薄膜挿入層32、34の材料と、得られた ΔR との関係を以下に示す。

| | |
|--------------------------------|--|
| X | : ΔR ($\text{m}\Omega\mu\text{m}^2$) |
| 挿入せず | : 0.8 |
| Ni | : 0.3 |
| $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ | : 0.4 |
| $\text{Ni}_{50}\text{Fe}_{50}$ | : 0.9 |
| $\text{Fe}_{90}\text{Ni}_{10}$ | : 1.3 |
| Fe | : 1.35 |

上記の結果から、薄膜挿入層32、34の材料としてFe-Ni系合金を用いた場合にも、結晶構造が体心立方

晶となる、 $\text{Fe}_{90}\text{Ni}_{10}$ 、 Fe を挿入した場合に、 ΔR を増加する効果が得られることが判明した。これとは反対に、 Ni あるいは $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ を用いた場合に至っては、挿入前より ΔR が減少することも判明した。

【0107】従って、薄膜挿入層32、34の材料として Fe-Ni 系合金を用いる場合にも、結晶構造が体心立方晶となる組成のものを用いることが望ましい。

【0108】(第7の実施例)次に、本発明の第7の実施例として、以下の膜構成を有する磁気抵抗効果素子を作成した。

保護層22 : Ta (10nm)
 磁化自由層20の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (3nm)
 薄膜挿入層34 : X (2nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 薄膜挿入層32 : X (2nm)
 磁化固着層16の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (3nm)

反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)
 ここで、薄膜挿入層32、34の材料 X として、5種類の Co-Ni 系合金(Ni 、 $\text{Ni}_{80}\text{Co}_{20}$ 、 $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ 、 $\text{Co}_{90}\text{Ni}_{10}$ 、 Co)をそれぞれ用いた。薄膜挿入層32、34の材料と、得られた ΔR との関係を以下に示す。

X : ΔR ($\text{m}\Omega\mu\text{m}^2$)
 挿入せず : 0.8
 Ni : 0.3
 $\text{Ni}_{80}\text{Co}_{20}$: 0.5
 $\text{Ni}_{50}\text{Co}_{50}$: 1.0
 $\text{Co}_{90}\text{Ni}_{10}$: 0.8
 Co : 0.6

上記の結果から、薄膜挿入層32、34の材料として Co-Ni 系合金を用いた場合には、 $\text{Ni}_{50}\text{Co}_{50}$ の組成付近において ΔR を増加する効果が得られることが判明した。そして、 Ni あるいは Co 付近の組成を採用した場合は、挿入前より ΔR が減少することも判明した。

【0109】(第8の実施例)次に、本発明の第8の実施例として、以下の膜構成を有する磁気抵抗効果素子を作成した。

保護層22 : Ta (10nm)
 磁化自由層20の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (3nm)
 薄膜挿入層34 : X (2nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 薄膜挿入層32 : X (2nm)
 磁化固着層16の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (3nm)

m)

反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)

ここで、薄膜挿入層32、34の材料 X として、 $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ に元素 Z (Cu 、 Ti 、 Ga 、 Hf 、または Mn)を3at(原子)%含有させた($\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$) $_{97}\text{Z}_3$ を用いた。 $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ に添加した元素 Z と、得られた ΔR との関係を以下に示す。

Z : ΔR ($\text{m}\Omega\mu\text{m}^2$)

添加せず : 1.55
 Cu : 2.9
 Ti : 2.7
 Ga : 2.4
 Hf : 2.7
 Mn : 2.2

上記の結果から、薄膜挿入層としての $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ 合金に、これらの元素を微量に含有させた場合に ΔR が増加することがわかった。さらに定量的に調べた結果、それぞれ含有量約30原子%程度までは ΔR の増大の効果があるが、10原子%以下のときに顕著であり、望ましくは、5原子%以上10原子%以下とすると効果が大きいことが判明した。

【0110】また、上記の元素の他にも、 Cr 、 V 、 Ta 、 Nb 、 Zn 、 Ni 、または Sc を含有させても、 ΔR は増加した。さらに、 Ge 、 Y 、 Tc 、 Re 、 Ru 、 Rh 、 Ir 、 Pd 、 Pt 、 Ag 、 Au 、 B 、 Al 、 In 、 C 、 Si 、 Sn 、 Ca 、 Sr 、 Ba 、 O 、 N 、または F を含ませた場合にも、効果が見られた。

【0111】(第9の実施例)次に、本発明の第9の実施例として、以下の膜構成を有する磁気抵抗効果素子を作成した。

保護層22 : Ta (10nm)
 磁化自由層20の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (3nm)
 薄膜挿入層34 : X (2nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 薄膜挿入層32 : X (2nm)
 磁化固着層16の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (3nm)

反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)

ここで、薄膜挿入層32、34の材料 X として、鉄(Fe)に元素 Z (Cr 、 V 、 Ta 、 Nb 、 Cu 、 Zn 、または Ga)を3at(原子)%含有させた Fe_{97}Z_3 を用いた。添加元素 Z と、得られた ΔR との関係を以下に示す。

Z : ΔR ($\text{m}\Omega\mu\text{m}^2$)

添加せず : 1.35

| | | |
|----|---|------|
| Cr | : | 1.45 |
| V | : | 1.45 |
| Ta | : | 1.45 |
| Nb | : | 1.45 |
| Cu | : | 1.80 |
| Zn | : | 1.75 |
| Ga | : | 1.70 |

上記の結果から、薄膜挿入層としての鉄に上記の元素を微量に含有させた場合に ΔR が増加することがわかった。さらに定量的に調べた結果、それぞれ含有量約30原子%程度までは ΔR の増大の効果があるが、10原子%以下のときに顕著であり、望ましくは、5原子%以上10原子%以下とすると効果が大きいことが判明した。

【0112】また、上記の元素の他にも、Co、Ni、Sc、Ge、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、N、Fのいずれかを含有させても、 ΔR は増加した。また、母相として、Fe以外にも、Feが50原子%以上を占めるFe-Co合金あるいはFe-Ni合金、あるいはFeが25原子%以上を占めるFe-Co-Ni合金においても同様の効果が得られた。

【0113】（第10の実施例）次に、本発明の第10の実施例として、以下の膜構成を有する磁気抵抗効果素子を作成した。

| | | | |
|------------|---|-----------------------------------|--------|
| 保護層22 | : | Ta | (10nm) |
| 磁化自由層20の一部 | : | Co ₉₀ Fe ₁₀ | (3nm) |
| 薄膜挿入層34 | : | X | (2nm) |
| 非磁性中間層18 | : | Cu | (3nm) |
| 薄膜挿入層32 | : | X | (2nm) |
| 磁化固着層16の一部 | : | Co ₉₀ Fe ₁₀ | (3nm) |
| 反強磁性層14 | : | PtMn | (15nm) |
| 第2下地層12 | : | NiFeCr | (5nm) |
| 第1下地層12 | : | Ta | (5nm) |

ここで、薄膜挿入層32、34の材料Xとして、コバルト(Co)に元素Z(Sc、Ti、Mn、Cu、またはHf)を3at(原子)%含有させたCo₉₇Z₃を用いた。添加元素Zと、得られた ΔR との関係を以下に示す。

| | | |
|------|---|---------------------------------|
| Z | : | ΔR (m $\Omega\mu m^2$) |
| 添加せず | : | 0.6 |
| Sc | : | 1.0 |
| Ti | : | 1.2 |
| Mn | : | 1.0 |
| Cu | : | 1.5 |
| Hf | : | 1.0 |

上記の結果から、薄膜挿入層としてのコバルトに上記の

元素を微量に含有させた場合に ΔR が増加することがわかった。さらに定量的に調べた結果、それぞれ含有量約30原子%程度までは ΔR の増大の効果があるが、10原子%以下のときに顕著であり、望ましくは、5原子%以上10原子%以下とすると効果が大きいことが判明した。

【0114】また、上記の元素の他にも、Fe、Ni、Cr、V、Ta、Nb、Zn、Ga、Ge、Zr、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、N、またはFのいずれかを含有させても、 ΔR は増加した。また、母相として、コバルト以外にも、コバルトが50原子%以上を占めるCo-Fe合金あるいはCo-Ni合金、あるいはコバルトが25原子%以上を占めるFe-Co-Ni合金においても同様の効果が得られた。

【0115】（第11の実施例）次に、本発明の第11の実施例として、以下の膜構成を有する磁気抵抗効果素子を作成した。

| | | | |
|------------|---|-----------------------------------|--------|
| 保護層22 | : | Ta | (10nm) |
| 磁化自由層20の一部 | : | Co ₉₀ Fe ₁₀ | (3nm) |
| 薄膜挿入層34 | : | X | (2nm) |
| 非磁性中間層18 | : | Cu | (3nm) |
| 薄膜挿入層32 | : | X | (2nm) |
| 磁化固着層16の一部 | : | Co ₉₀ Fe ₁₀ | (3nm) |
| 反強磁性層14 | : | PtMn | (15nm) |
| 第2下地層12 | : | NiFeCr | (5nm) |
| 第1下地層12 | : | Ta | (5nm) |

ここで、薄膜挿入層32、34の材料Xとして、ニッケル(Ni)に元素Z(Ti、Mn、Zn、Ga、Ge、Zr、またはHf)を3at(原子)%含有させたNi₉₇Z₃を用いた。添加元素Zと、得られた ΔR との関係を以下に示す。

| | | |
|------|---|---------------------------------|
| Z | : | ΔR (m $\Omega\mu m^2$) |
| 添加せず | : | 0.3 |
| Ti | : | 0.8 |
| Mn | : | 0.9 |
| Zn | : | 1.0 |
| Ga | : | 0.9 |
| Ge | : | 0.8 |
| Zr | : | 1.0 |
| Hf | : | 1.2 |

上記の結果から、薄膜挿入層としてのニッケルに上記の元素を微量に含有させた場合に ΔR が増加することがわかった。さらに定量的に調べた結果、それぞれ含有量約30原子%程度までは ΔR の増大の効果があるが、10原子%以下のときに顕著であり、望ましくは、5原子%以上10原子%以下とすると効果が大きいことが判

明した。

【0116】また、上記の元素の他にも、Fe、Co、Cr、V、Ta、Nb、Sc、Cu、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、Sr、Ba、O、N、またはFのいずれかを含有させても、 ΔR は増加した。また、母相として、ニッケル以外にも、ニッケルが50原子%以上を占めるNi-Fe合金あるいはNi-Co合金、あるいはニッケルが25原子%以上を占めるFe-Co-Ni合金においても同様の効果が得られた。

【0117】(第12の実施例)次に、本発明の第12の実施例として、以下の膜構成を有する磁気抵抗効果素子を作成した。

保護層22 : Ta (10nm)
 磁化自由層20の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (3nm)
 薄膜挿入層34 : X (2~2.3nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 薄膜挿入層32 : X (2~2.3nm)
 磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (3nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)

ここで、薄膜挿入層32、34の材料Xとして、以下の4種類を用いた。(1) Fe₅₀Co₅₀ (2nm)
 (2) (Fe₅₀Co₅₀)₉₇Cu₃ (2nm)
 (3) (Fe₅₀Co₅₀ (1nm)/Cu (0.1nm)/Fe₅₀Co₅₀ (1nm))

(4) (Fe₅₀Co₅₀ (0.7nm)/Cu (0.1nm)/Fe₅₀Co₅₀ (0.7nm)/Cu (0.1nm)/Fe₅₀Co₅₀ (0.7nm))

なお、これらの積層構造は、下部電極の側からの順番を表す。薄膜挿入層32、34の組成Xと、得られた ΔR との関係を以下に示す。

X : ΔR (m Ω μ m²)

(1) : 1.55
 (2) : 2.9
 (3) : 3.1
 (4) : 3.3

上記の結果より、Fe₅₀Co₅₀内にCuを均一に含有させたときよりも、Cu層を周期的に挿入した場合の方が、より大きい ΔR を得られることが分かる。

【0118】この傾向は、Cuだけでなく、Fe-Co合金の中において体心立方構造として存在する厚さ0.03nm以上1nm以下の、クロム(Cr)、バナジウム(V)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、ス

カンジウム(Sc)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ゲルマニウム(Ge)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、テクネチウム(Tc)、レニウム(Re)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、金(Au)、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、炭素(C)、シリコン(Si)、スズ(Sn)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)、酸素(O)、窒素(N)及びフッ素(F)からなる群より選択された少なくとも1種の元素からなるを周期的に積層した構造についても見られた。

【0119】(第13の実施例)次に、本発明の第13の実施例として、以下の膜構成を有する磁気抵抗効果素子を作成した。

保護層22 : Ta (10nm)
 磁化自由層20の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4.5nm)
 薄膜挿入層34 : X (0.5nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 薄膜挿入層32 : X (0.5nm)
 磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4.5nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)

ここで、薄膜挿入層の材料Xは、Fe_{1-z}Cr_z合金とした。薄膜挿入層32、34のCr含有量Zと、薄膜挿入層の層厚と、得られた ΔR との関係を以下に示す。なお、薄膜挿入層を設けない場合と、純Feを2nm挿入した場合のデータも、比較のため示した。

Z (層厚) : ΔR (m Ω μ m²)

0 (0nm) : 0.8
 0 (2nm) : 1.35
 0 (0.5nm) : 0.9
 10 (0.5nm) : 1.3
 30 (0.5nm) : 1.5
 60 (0.5nm) : 1.4
 80 (0.5nm) : 1.2

上記の結果について説明すると、まず、純Fe(Z=0)からなる2nmの薄膜挿入層を挿入することで、 ΔR が0.8(m Ω μ m²)から1.35(m Ω μ m²)に増えている。これは、以下のように説明できる。

【0120】すなわち、このような強磁性遷移金属の場合、sバンド、pバンド、dバンドがエネルギー的に近いところで混成バンドを形成している。マジョリティ・スピン(多数スピン)は混成バンドから外れたエネルギー位置にフェルミレベルを持つため散乱されにくい、

マイノリティ・スピン（少数スピン）は混成バンド域にフェルミレベルを持つため散乱されやすい状態にある。これが磁気抵抗効果の起源ともなっていることから、いかにマイノリティ・スピンの混成バンドの中央付近にフェルミレベルを持つか、あるいは、いかにマジョリティ・スピンの混成バンドから離れた位置にフェルミレベルを持つか、が磁気抵抗変化量の大小を見極めるためのひとつの指標となる。

【0121】ここで、遷移金属は、結晶構造として、代表的には面心立方晶と体心立方晶を取り得る。Fe、Co、Niといった金属系では、一般に、体心立方晶の方が面心立方晶よりも、よりマイノリティ・スピンのフェルミレベルが混成バンドの中央に位置する。つまり、磁気抵抗効果を増大させるには、体心立方晶がよいことになる。本実施例において薄膜挿入層として純Feを挿入してAΔRが上昇するのは、以上のようなことが原因のひとつであると考えられる。

【0122】ところで、純Feの層厚を2nmから0.5nmまで薄くすると、AΔRは0.9 (mΩμm²)まで減少してしまう。これは、Feが非常に薄くなると、結晶構造として体心立方晶を取りにくくなるためと考えられる。これに対して、全組成域で体心立方晶が安定して得られるように、薄膜挿入層にCrを含有させた結果、AΔRは純Fe (0.5nm) のときよりも増加した。

【0123】なお、Fe-Cr合金は、Crを増やしていくとキュリー温度が低下し、Cr組成がおおよそ70at（原子）%以上では室温で常磁性を示す。ところが、Fe-Cr自体が極薄く、強磁性体が隣接しているような場合には、強磁性が誘起され、磁気抵抗効果を発現できる。

【0124】（第14の実施例）次に、本発明の第14の実施例として、以下の膜構成を有する磁気抵抗効果素子を作成した。

保護層22 : Ta (10nm)
 磁化自由層20の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4.5nm)
 薄膜挿入層34 : X (0.5nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 薄膜挿入層32 : X (0.5nm)
 磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4.5nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)

ここで、薄膜挿入層の材料Xは、Fe_{1-x}Z_x合金とした。薄膜挿入層32、34のV含有量Zと、薄膜挿入層の層厚と、得られたAΔRとの関係を以下に示す。なお、薄膜挿入層を設けない場合と、純Feを2nm挿入した場合のデータも、比較のため示した。

Z (層厚) : AΔR (mΩμm²)
 0 (0nm) : 0.8
 0 (2nm) : 1.35
 0 (0.5nm) : 0.9
 10 (0.5nm) : 1.2
 30 (0.5nm) : 1.3
 60 (0.5nm) : 1.1
 80 (0.5nm) : 1.1

第8実施例に関して前述したように、体心立方晶のFeを挿入してAΔRが増大する効果は、薄膜挿入層がごく薄い領域ではやや減衰する。そこで、体心立方晶が安定となるように、Vを含有させていったところ、AΔRが回復した。

【0125】Fe-V合金も、Vがおおよそ70原子%以上の組成領域では常磁性を示す。ところが、Fe-V自体が非常に薄く、強磁性体が隣接しているような場合には、強磁性が誘起され、磁気抵抗効果を発現できる。

【0126】以上のような体心立方晶の安定化に伴うAΔRの増加は、Fe-Co合金 (Co : 80原子%以下)、Fe-Ni合金 (Ni : 10原子%以下)、Fe-Rh合金 (Rh : 11原子%~55原子%)、Fe-Ti合金 (Ti : 49原子%~51原子%)、Fe-Co-Ni合金の体心立方晶の組成領域、Co-Mn-Fe合金の体心立方晶の組成領域、を薄膜挿入層に用いた場合にも同様に見られた。

【0127】さらに、これら合金に、Sc、Ti、Mn、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Hf、Y、Tc、Re、Ru、Rh、Ir、Pd、Pt、Ag、Au、B、Al、In、C、Si、Sn、Ca、SrおよびBaからなる群のうち、母相となる合金に含まれていない少なくとも1種の元素を0.5原子%から30原子%まで添加した場合にも、AΔR増大の効果が見られた。

【0128】（第15の実施例）次に、本発明の第15の実施例として、非磁性中間層18をAu（金）とした場合について説明する。本実施例においては、以下の膜構成を有する磁気抵抗効果素子を作成した。

保護層22 : Ta (10nm)
 磁化自由層20の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (3nm)
 薄膜挿入層34 : X (2nm)
 非磁性中間層18 : Au (3nm)
 薄膜挿入層32 : X (2nm)
 磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (3nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)

ここで、薄膜挿入層の材料Xとして、5種類Fe-Co系合金 (Co、Co₉₀Fe₁₀、Fe₅₀Co₅₀、Fe₈₀Co₂₀、Fe)を用いた。得られたAΔRの

値を以下に示す。

X : $A\Delta R$ ($m\Omega\mu m^2$)
 Co : 0.3
 Co₉₀Fe₁₀ : 0.4
 Fe₅₀Co₅₀ : 0.9
 Fe₈₀Co₂₀ : 1.45
 Fe : 1.7

以上のように、非磁性中間層18をAuとしたときの薄膜挿入層32、34としては、Fe濃度の高いものほど $A\Delta R$ が大きい傾向が得られた。このように、非磁性中間層18の材質に応じて薄膜挿入層32、34の材料を適宜選択することは、 $A\Delta R$ 増大のために重要である。

【0129】(第16の実施例)次に、本発明の第16の実施例として、図14に表したように背面挿入層36を有する構造について検討した結果について説明する。まず、以下のように薄膜挿入層を持つ磁気抵抗効果素子を作成し、その効果を調べた。

試料A：標準構造(図1)

保護層22 : Ta (10nm)
 磁化自由層20の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4nm)
 薄膜挿入層34 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 薄膜挿入層32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)
 磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)

試料B：背面挿入層36を有する構造(図14)

保護層22 : Ta (10nm)
 背面挿入層36 : Cu (1nm)
 磁化自由層20の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4nm)
 薄膜挿入層34 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 薄膜挿入層32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)
 磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)

試料Aの $A\Delta R$ は、1.2 ($m\Omega\mu m^2$)であったのに対し、背面挿入層36を持つ試料Bの $A\Delta R$ は、1.5 ($m\Omega\mu m^2$)まで増大した。これは、スピン依存界面散乱が、磁化自由層20/背面挿入層36の界面で生じ

ているためと考えられる。

【0130】この効果は、図15に例示したような、反強磁性層14を上側に配置した構造の場合にも同様に得ることができる。

【0131】(第17の実施例)次に、本発明の第17の実施例として、背面挿入層36を有する構造において、薄膜挿入層を挿入する効果について検討した結果について説明する。まず、以下のように背面挿入層を持つ磁気抵抗効果素子として7種類の試料C~Iを作成し、その効果を調べた。

試料C：薄膜挿入層なし(図14)

保護層22 : Ta (10nm)
 背面挿入層36 : Cu (1nm)
 磁化自由層20 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 磁化固着層16 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)

試料D：薄膜挿入層32を磁化固着層16と反強磁性層14との間に挿入(図16)

保護層22 : Ta (10nm)
 背面挿入層36 : Cu (1nm)
 磁化自由層20 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4nm)
 薄膜挿入層32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)
 第1下地層12 : Ta (5nm)

試料E：薄膜挿入層32を磁化固着層16の中に挿入(図17)

保護層22 : Ta (10nm)
 背面挿入層36 : Cu (1nm)
 磁化自由層20 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3nm)
 磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (2nm)
 薄膜挿入層32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)
 磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (2nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5nm)

第1下地層12 : Ta (5 nm)
 試料F: 薄膜挿入層32を磁化固着層16と非磁性中間層18との中に挿入(図18)
 保護層22 : Ta (10 nm)
 背面挿入層36 : Cu (1 nm)
 磁化自由層20 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (5 nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3 nm)
 薄膜挿入層32 : $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ (1 nm)
 磁化固着層16の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (4 nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15 nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5 nm)
 第1下地層12 : Ta (5 nm)
 試料G: 薄膜挿入層34を非磁性中間層18と磁化自由層20の間に挿入(図19)
 保護層22 : Ta (10 nm)
 背面挿入層36 : Cu (1 nm)
 磁化自由層20の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (4 nm)
 薄膜挿入層34 : $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ (1 nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3 nm)
 磁化固着層16 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (5 nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15 nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5 nm)
 第1下地層12 : Ta (5 nm)
 試料H: 薄膜挿入層34を磁化自由層20の中に挿入(図20)
 保護層22 : Ta (10 nm)
 背面挿入層36 : Cu (1 nm)
 磁化自由層20の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (2 nm)
 薄膜挿入層34 : $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ (1 nm)
 磁化自由層20の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (2 nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3 nm)
 磁化固着層16 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (5 nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15 nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5 nm)
 第1下地層12 : Ta (5 nm)
 試料I: 薄膜挿入層34を磁化自由層20と背面挿入層36との間に挿入(図21)
 保護層22 : Ta (10 nm)
 背面挿入層36 : Cu (1 nm)
 薄膜挿入層34 : $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ (1 nm)

m)
 磁化自由層20の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (4 nm)
 非磁性中間層18 : Cu (3 nm)
 磁化固着層16 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (5 nm)
 反強磁性層14 : PtMn (15 nm)
 第2下地層12 : NiFeCr (5 nm)
 第1下地層12 : Ta (5 nm)
 これら試料C~IについてAΔRを評価した結果、以下の通りであった。

試料 AΔR (mΩμm²)

C : 0.9
 D : 1.0
 E : 1.0
 F : 1.2
 G : 1.2
 H : 1.0
 I : 1.1

薄膜挿入層32または34を、磁化固着層16/非磁性中間層18の界面(試料F)、または磁化自由層20/非磁性中間層18の界面(試料G)に配置したときに、最もAΔR増の効果が大きかった。また、磁化自由層20/背面挿入層36の界面に挿入した場合(試料I)が、その次に効果があった。これらは、スピン依存界面散乱が増加しているためと考えられる。

【0132】一方、試料D、E、Hでも、AΔRはある程度増加している。この理由のひとつとしては、 $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ のほうが $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ よりもスピン依存バルク散乱が大きいことが挙げられる。また、結晶構造が面心立方晶の層と体心立方晶の層が積層されることで、磁化固着層や磁化自由層のバンド構造に変調が加えられ、マジョリティ・スピンとマイノリティ・スピンの伝導度の差が拡大することにも、起因している可能性がある。

【0133】(第18の実施例) 前述した第17実施例においては、1層の薄膜挿入層についてその挿入位置による効果を調べた。本実施例においては、そこで効果が顕著であった試料F、G、Iを組み合わせることで、更なるAΔRの増大を達成する。具体的には、以下のように背面挿入層を持つ磁気抵抗効果素子として以下の試料J、Kを作成し、その特性を調べた。試料J: $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ 薄膜挿入層を磁化固着層16と非磁性中間層18の界面、および磁化自由層20と非磁性中間層18の界面に配置

保護層22 : Ta (10 nm)
 背面挿入層36 : Cu (1 nm)
 磁化自由層20の一部 : $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (4 nm)
 薄膜挿入層32 : $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ (1 nm)

m)

非磁性中間層18 : Cu (3 nm)

薄膜挿入層32 : Fe₅₀Co₅₀ (1 nm)

磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4 nm)

反強磁性層14 : PtMn (15 nm)

第2下地層12 : NiFeCr (5 nm)

第1下地層12 : Ta (5 nm)

試料K : Fe₅₀Co₅₀薄膜挿入層を磁化固着層16と非磁性中間層18の界面、磁化自由層20と非磁性中間層18、および磁化自由層20と背面挿入層36の界面の界面に配置

保護層22 : Ta (10 nm)

背面挿入層36 : Cu (1 nm)

薄膜挿入層32 : Fe₅₀Co₅₀ (1 nm)

磁化自由層20の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4 nm)

薄膜挿入層32 : Fe₅₀Co₅₀ (1 nm)

非磁性中間層18 : Cu (3 nm)

薄膜挿入層32 : Fe₅₀Co₅₀ (1 nm)

磁化固着層16の一部 : Co₉₀Fe₁₀ (4 nm)

反強磁性層14 : PtMn (15 nm)

第2下地層12 : NiFeCr (5 nm)

第1下地層12 : Ta (5 nm)

その結果、期待通りに、 ΔR は試料Jにおいて1.3 ($m\Omega\mu m^2$)、試料Kにおいて1.7 ($m\Omega\mu m^2$)と高く、薄膜挿入層を1層のみ挿入した試料F及びG ($\Delta R=1.2$ ($m\Omega\mu m^2$))、試料I ($\Delta R=1.1$ ($m\Omega\mu m^2$))と比較して、 ΔR の増大が得られた。

【0134】(第19の実施例)本実施例においては、図2に例示したような、反強磁性層14を上側に配置したトップ型スピナバルブ構造を製作してその特性を評価した。その結果、前述した各実施例と同様に、薄膜挿入層32、34、背面挿入層36による磁気抵抗変化量の増大効果が認められた。

【0135】(第20の実施例)本実施例においては、「積層フェリ構造」の磁気抵抗効果素子における薄膜挿入層32、34、背面挿入層36の効果を確認した。

【0136】図3は、積層フェリ構造の磁気抵抗効果素子の断面構造の一例を表す模式図である。すなわち、第1の磁化固着層16Aと第2の磁化固着層16Bとが、反平行結合層40を介して積層されている。このように磁化固着層が積層フェリ構造とされた磁気抵抗効果素子においても、前述した各実施例と同様に、薄膜挿入層3

2、34、背面挿入層36による磁気抵抗変化量の増大効果が認められた。

【0137】また、図22は、積層フェリ構造の磁気抵抗効果素子の断面構造の他の具体例を表す模式図である。

【0138】すなわち、同図の磁気抵抗効果素子は、下部電極54、下地層12、反強磁性層14、第1の磁化固着層16Aと反平行結合層40と第2の磁化固着層16Bの3層構造を有する磁化固着層16、非磁性中間層18、第1の磁化自由層20Aと反平行結合層40と第2の磁化自由層20Bの3層構造を有する磁化自由層20、保護層22、上部電極52をこの順に積層した構造を有する。

【0139】このように磁化固着層16と磁化自由層20がそれぞれ積層フェリ構造とされた磁気抵抗効果素子においても、前述した各実施例と同様に、薄膜挿入層32、34、背面挿入層36による磁気抵抗変化量の増大効果が認められた。

【0140】(第21の実施例)本実施例においては、いわゆる「デュアル型」の磁気抵抗効果素子における薄膜挿入層、背面挿入層の効果を確認した。

【0141】図23は、デュアル型の磁気抵抗効果素子の断面構造を例示する模式図である。すなわち、同図の磁気抵抗効果素子は、下部電極54、下地層12、第1の反強磁性層14A、第1の磁化固着層16A、第1の非磁性中間層18A、磁化自由層20、第2の非磁性中間層18B、第2の磁化固着層16B、第2の反強磁性層14B、保護層22、上部電極52をこの順に積層した構造を有する。

【0142】このようなデュアル構造の磁気抵抗効果素子においても、前述した各実施例と同様に、薄膜挿入層32、34、背面挿入層36による磁気抵抗変化量の増大効果が認められ、一対の磁化固着層と磁化自由層とを有する標準的な磁気抵抗効果素子の1.5倍から3倍の磁気抵抗変化量を示した。

【0143】(第22の実施例)本実施例においては、磁化固着層と磁化自由層がそれぞれ強磁性層と非磁性層とを交互に積層した積層体からなる磁気抵抗効果素子における薄膜挿入層、背面挿入層の効果を確認した。

【0144】図4は、本実施例の磁気抵抗効果素子の断面構造を表す模式図である。すなわち、この磁気抵抗効果素子は、下部電極54、下地層12、反強磁性層14、強磁性層Fおよび非磁性層Nを交互に積層した積層体からなる磁化固着層16、非磁性中間層18、強磁性層Fおよび非磁性層Nを交互に積層した積層体からなる磁化自由層20、保護層22、上部電極52をこの順に積層した構造を有する。

【0145】この素子の磁化固着層16磁化自由層20においては、強磁性層Fが非磁性層Nを介して強磁性結合している。

【0146】このような積層構造の磁気抵抗効果素子においても、前述した各実施例と同様に、薄膜挿入層32、34、背面挿入層36による磁気抵抗変化量の増大効果が認められた。すなわち、本実施例の場合、磁化固着層16、磁化自由層20をそれぞれ構成する複数の強磁性層Fのうちのいずれかを前述した各実施例において説明したような組成および結晶構造の薄膜挿入層とすることにより、磁気抵抗変化量の増大が認められた。

【0147】（第23の実施例）本実施例においては、磁化固着層と磁化自由層がそれぞれ2種類の強磁性層F1、F2を交互に積層した積層体からなる磁気抵抗効果素子における薄膜挿入層、背面挿入層の効果を確認した。

【0148】図4は、本実施例の磁気抵抗効果素子の断面構造を表す模式図である。すなわち、この磁気抵抗効果素子は、下部電極54、下地層12、反強磁性層14、第1の強磁性層F1および第2の強磁性層F2を交互に積層した積層体からなる磁化固着層16、非磁性中間層18、第1の強磁性層F1および第2の強磁性層F2を交互に積層した積層体からなる磁化自由層20、保護層22、上部電極52をこの順に積層した構造を有する。

【0149】このような積層構造の磁気抵抗効果素子においても、前述した各実施例と同様に、薄膜挿入層32、34、背面挿入層36による磁気抵抗変化量の増大効果が認められた。すなわち、本実施例の場合、磁化固着層16、磁化自由層20をそれぞれ構成する第1及び第2の強磁性層F1、F2のうちのいずれかを前述した各実施例において説明したような組成および結晶構造の薄膜挿入層とすることにより、磁気抵抗変化量の増大が認められた。

【0150】（第24の実施例）次に、本発明の第24の実施例として、本発明の磁気抵抗効果素子を搭載した磁気再生装置について説明する。すなわち、図1乃至図23に関して前述した本発明の垂直通電型の磁気抵抗効果素子は、例えば、記録再生一体型の磁気ヘッドアセンブリに組み込まれ、磁気記録再生装置に搭載することができる。

【0151】図24は、このような磁気記録再生装置の概略構成を例示する要部斜視図である。すなわち、本発明の磁気記録再生装置150は、ロータリーアクチュエータを用いた形式の装置である。同図において、磁気記録用媒体ディスク200は、スピンドル152に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号に応答する図示しないモータにより矢印Aの方向に回転する。本発明の磁気記録再生装置150は、複数の媒体ディスク200を備えたものとしてもよい。

【0152】また、媒体ディスク200は、記録ビットの磁化方向がディスク面と略平行ないわゆる「面内記録方式」のものでも良く、あるいは、記録ビットの磁化方

向がディスク面に対して略垂直な「垂直記録方式」のものでも良い。

【0153】媒体ディスク200に格納する情報の記録再生を行うヘッドスライダ153は、薄膜状のサスペンション154の先端に取り付けられている。ここで、ヘッドスライダ153は、例えば、前述したいずれかの実施の形態にかかる垂直通電型の磁気抵抗効果素子あるいは磁気ヘッドをその先端付近に搭載している。

【0154】媒体ディスク200が回転すると、ヘッドスライダ153の媒体対向面（ABS）は媒体ディスク200の表面から所定の浮上量をもって保持される。あるいはスライダが媒体ディスク200と接触するいわゆる「接触走行型」であってもよい。

【0155】サスペンション154は、図示しない駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム155の一端に接続されている。アクチュエータアーム155の他端には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ156が設けられている。ボイスコイルモータ156は、アクチュエータアーム155のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、このコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。

【0156】アクチュエータアーム155は、スピンドル157の上下2箇所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ156により回転摺動が自在にできるようになっている。

【0157】図25は、アクチュエータアーム155から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。すなわち、磁気ヘッドアセンブリ160は、例えば駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム155を有し、アクチュエータアーム155の一端にはサスペンション154が接続されている。サスペンション154の先端には、図1乃至図23に関して前述したような本発明の垂直通電型磁気抵抗効果素子を具備するヘッドスライダ153が取り付けられている。サスペンション154は信号の書き込みおよび読み取り用のリード線164を有し、このリード線164とヘッドスライダ153に組み込まれた磁気ヘッドの各電極とが電氣的に接続されている。図中165は磁気ヘッドアセンブリ160の電極パッドである。

【0158】本発明によれば、図1乃至図23に関して前述したような垂直通電型の磁気抵抗効果素子を具備することにより、磁気抵抗変化量が大きく、すなわち感度の高い読み取りが可能となる。その結果として、従来よりも大幅に高い記録密度で磁気記録媒体ディスク200に磁氣的に記録された微弱な信号を確実に読みとることが可能となる。

【0159】以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの

具体例に限定されるものではない。例えば、磁気抵抗効果膜を構成する各要素の具体的な寸法関係や材料、その他、電極、バイアス印加膜、絶縁膜などの形状や材質に関しては、当業者が公知の範囲から適宜選択することにより本発明を同様に実施し、同様の効果を得ることができる限り、本発明の範囲に包含される。

【0160】また、前述したように、磁気抵抗効果素子における反強磁性層、磁化固着層、非磁性中間層、磁化自由層などの構成要素は、それぞれ単層として形成してもよく、あるいは2以上の層を積層した構造としてもよい。

【0161】また、本発明の磁気抵抗効果素子を再生用磁気ヘッドに適用する際に、これと隣接して書き込み用の磁気ヘッドを設けることにより、記録再生一体型の磁気ヘッドが得られる。

【0162】さらに、本発明の磁気再生装置は、特定の磁気記録媒体を定常的に備えたいわゆる固定式のものでもよく、一方、記録媒体が差し替え可能ないわゆる「リムーバブル」方式のものでもよい。

【0163】またさらに、本発明の磁気抵抗効果素子は、磁気抵抗効果メモリ(MRAM)にも用いて好適である。

【0164】その他、本発明の実施の形態として上述した磁気ヘッド及び磁気記憶再生装置を基にして、当業者が適宜設計変更して実施しうるすべての磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気記憶再生装置も同様に本発明の範囲に属する。

【0165】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明よれば、スピナルバルブ構造を有する垂直通電型の磁気抵抗効果素子の磁気抵抗効果膜に、独特の組成または結晶構造を有する薄膜挿入層または背面挿入層を挿入することにより、大きな抵抗変化量が得られ、従来のスピナルバルブ構造の垂直通電型磁気抵抗効果素子では実現できなかった高感度の読み取りを実現できる。

【0166】その結果として、従来よりも高い記録密度で高速の磁気記録再生が可能となり産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の要部断面構造を例示する模式図である。

【図2】本発明の実施の形態にかかる磁気抵抗効果素子の第2の具体例を表す模式図である。

【図3】本発明の実施の形態にかかる磁気抵抗効果素子の第3の具体例を表す模式図である。

【図4】本発明の実施の形態にかかる磁気抵抗効果素子の第4の具体例を表す模式図である。

【図5】本発明の実施の形態にかかる磁気抵抗効果素子の第5の具体例を表す模式図である。

【図6】抵抗変化量の薄膜挿入層Co₅₀Fe₅₀厚さ

依存性を表すグラフ図である。

【図7】磁化自由層の保持力の薄膜挿入層の厚さ依存性を表すグラフ図である。

【図8】抵抗変化量の薄膜挿入層Co₅₀Fe₅₀厚さ依存性を表すグラフ図である。

【図9】磁化自由層の保持力の薄膜挿入層の厚さ依存性を表すグラフ図である。

【図10】抵抗変化量の薄膜挿入層Co₅₀Fe₅₀厚さ依存性を表すグラフ図である。

【図11】磁化自由層の保持力の薄膜挿入層の厚さ依存性を表すグラフ図である。

【図12】抵抗変化量の薄膜挿入層Co₉₀Fe₁₀厚さ依存性を表すグラフ図である。

【図13】磁化自由層の保持力の薄膜挿入層の厚さ依存性を表すグラフ図である。

【図14】本発明の第16の実施例として試作した背面挿入層36を有する構造を表す模式図である。

【図15】反強磁性層14を上側に配置した構造を表す模式図である。

【図16】薄膜挿入層32を磁化固着層16と反強磁性層14との間に挿入した構造を表す模式図である。

【図17】薄膜挿入層32を磁化固着層16の中に挿入した構造を表す模式図である。

【図18】薄膜挿入層32を磁化固着層16と非磁性中間層18との間に挿入した構造を表す模式図である。

【図19】薄膜挿入層34を非磁性中間層18と磁化自由層20との間に挿入した構造を表す模式図である。

【図20】薄膜挿入層34を磁化自由層20の中に挿入した構造を表す模式図である。

【図21】薄膜挿入層34を磁化自由層20と背面挿入層36との間に挿入した構造を表す模式図である。

【図22】積層フェリ構造の磁気抵抗効果素子の断面構造の他の具体例を表す模式図である。

【図23】デュアル型の磁気抵抗効果素子の断面構造を例示する模式図である。

【図24】本発明の磁気記録再生装置の概略構成を例示する要部斜視図である。

【図25】アクチュエータアーム155から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。

【図26】本発明の実施例において試作した垂直通電素子構造を表す模式図である。

【図27】本発明の実施例において試作したもうひとつの垂直通電素子構造を表す模式図である。

【図28】スピナルバルブ構造を有するCPP型の磁気抵抗効果素子を模式的に表す断面図である。

【符号の説明】

12 下地層

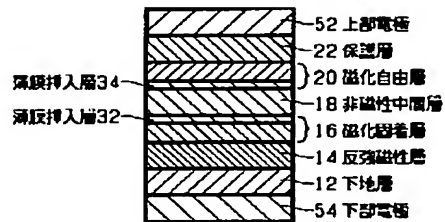
14 反強磁性層

16 磁化固着層

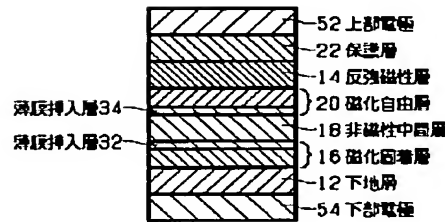
18 非磁性中間層
 20 磁化自由層
 22 保護層
 32、34 薄膜挿入層
 36 背面挿入層
 40 反平行結合層
 52 上部電極
 54 下部電極
 60 ハード膜
 70 パシベーション膜
 150 磁気記録再生装置
 152 スピンドル

153 ヘッドスライダ
 154 サスペンション
 155 アクチュエータアーム
 156 ボイスコイルモータ
 157 スピンドル
 160 磁気ヘッドアセンブリ
 164 リード線
 200 媒体ディスク
 F 強磁性層
 F1 強磁性層
 F2 強磁性層
 N 非磁性層

【図1】



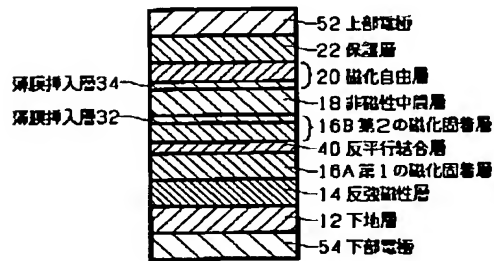
【図2】



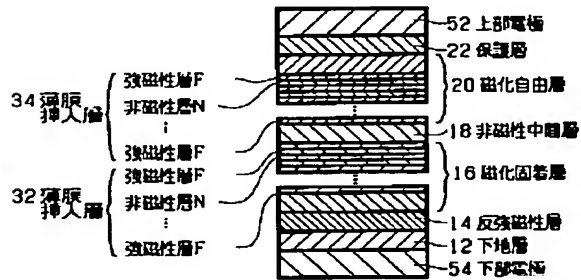
【図14】



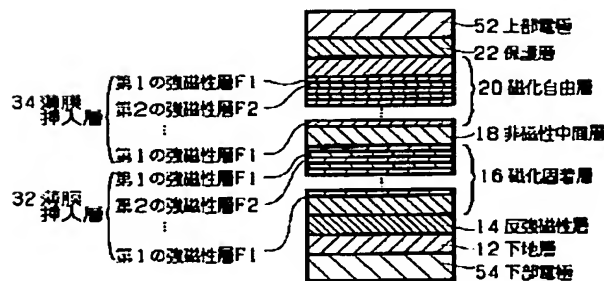
【図3】



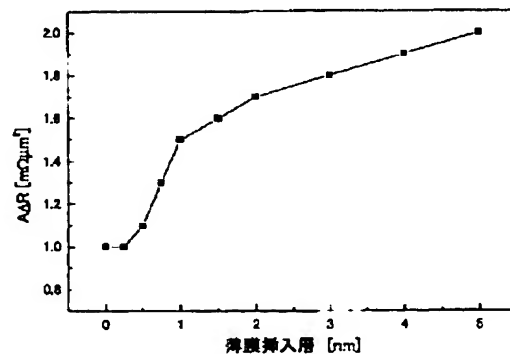
【図4】



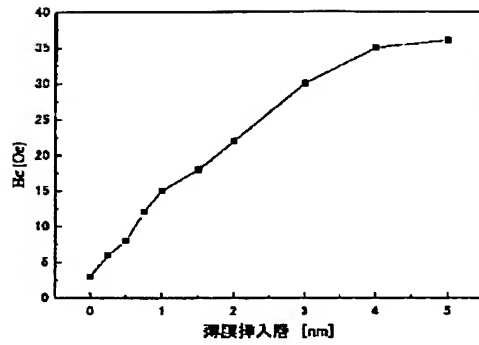
【図5】



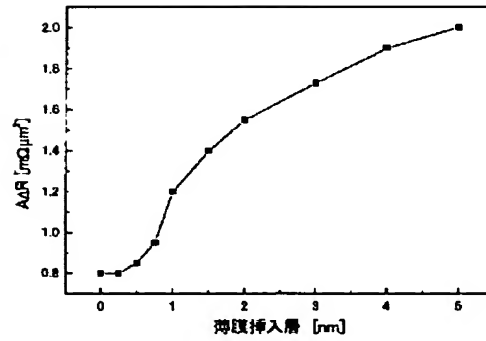
【図6】



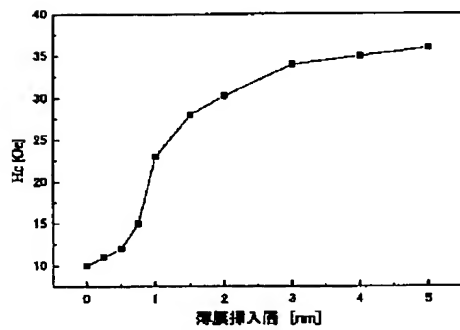
【図7】



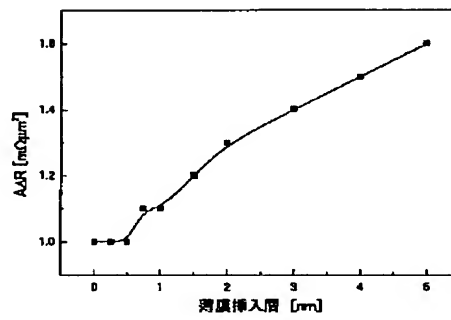
【図8】



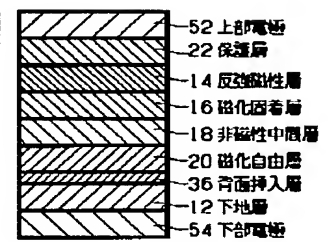
【図9】



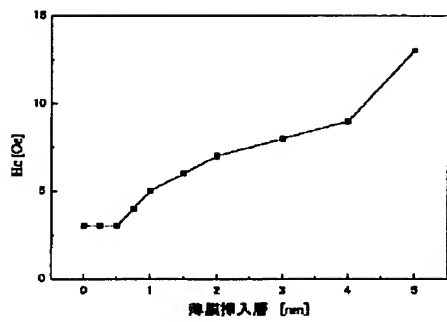
【図10】



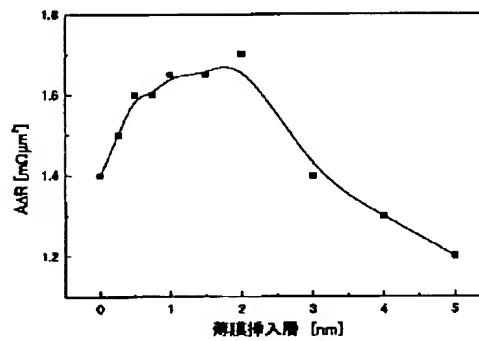
【図15】



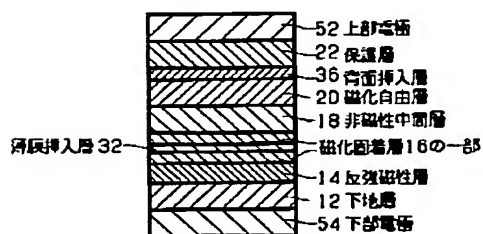
【図11】



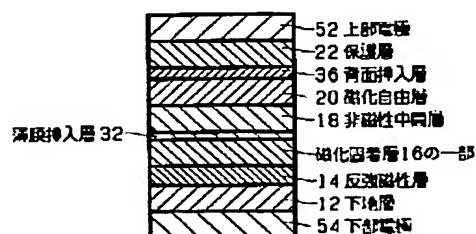
【図12】



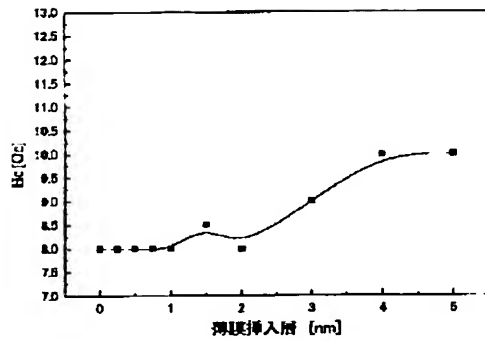
【図17】



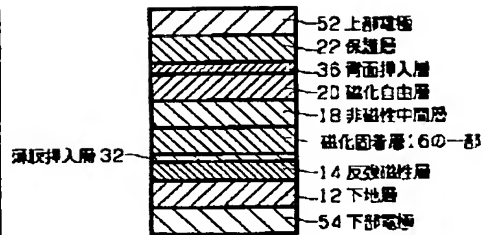
【図18】



【図13】



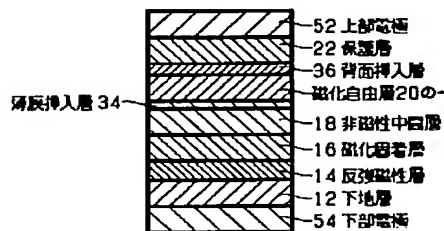
【図16】



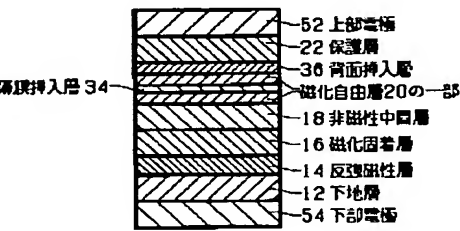
【図28】



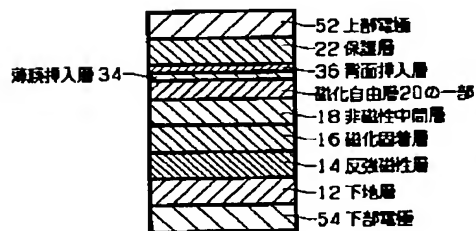
【図19】



【図20】



【図21】



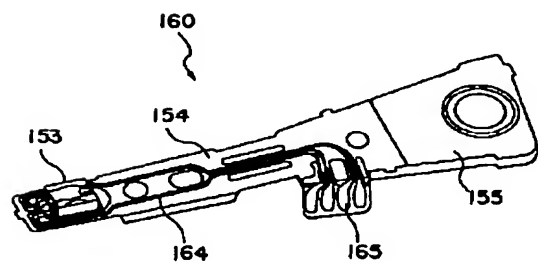
【図22】



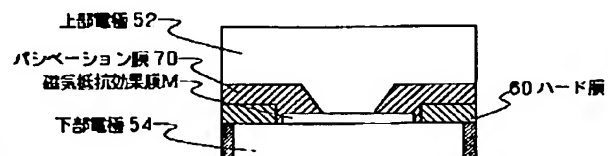
【図23】



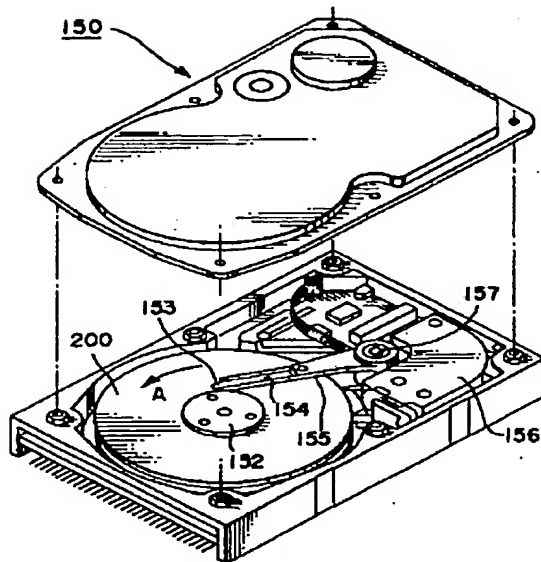
【図25】



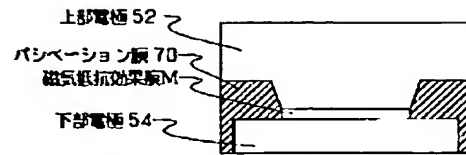
【図26】



【図24】



【図27】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7
H01L 43/10

識別記号

F I
G O I R 33/06

テマコード (参考)
R

(72) 発明者 吉川 将寿
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内
(72) 発明者 鴻井 克彦
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内
(72) 発明者 岩崎 仁志
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 永田 友彦
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内
(72) 発明者 坂久保 武男
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内
(72) 発明者 佐橋 政司
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

Fターム(参考) 2G017 AA10 AD55
5D034 AA02 BA02 BA03
5E049 AA01 AA04 AA07 BA12 BA16
CB02 DB12

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either Have a thin film insertion layer and said thin film insertion layer consists of an alloy which uses iron (Fe), cobalt (Co), and at least two kinds of metals of the nickel (nickel) as a parent element. The magneto-resistive effect component characterized by containing two kinds of the parent elements [each of] more than 25 atom % in the case of a binary system alloy, and containing three kinds of the parent elements [each of] more than pentatomic % in the case of a 3 yuan alloy.

[Claim 2] Said thin film insertion layer is a magneto-resistive effect component according to claim 1 characterized by having one or more atomic layer the thickness of 3nm or less.

[Claim 3] Said thin film insertion layer is a magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2 characterized by being prepared in said magnetization fixing layer or said magnetization free layer in the location from distance 0 to 2nm, in view of the interface of said magnetization fixing layer and said nonmagnetic interlayer, or the interface of said magnetization free layer and said nonmagnetic interlayer.

[Claim 4] Said thin film insertion layer is a magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2 characterized by being prepared in said magnetization fixing layer or said magnetization free layer in the location from distance 0 to 2nm, in view of the interface of the side which is not in contact with the interface of the side which is not in contact with said nonmagnetic interlayer of said magnetization fixing layer, or said nonmagnetic interlayer of said magnetization free layer.

[Claim 5] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either Have a thin film insertion layer and said thin film insertion layer into the binary system alloy which uses iron (Fe), cobalt (Co), and at least two kinds of metals of the nickel (nickel) as a parent element, or a 3 yuan alloy Chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), copper (Cu), Zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C),

silicon (Si), Tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), The magneto-resistive effect component characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[Claim 6] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either a thin film insertion layer -- having -- said thin film insertion layer -- iron (Fe) -- a main alloy -- that is The magneto-resistive effect component characterized by consisting of an alloy whose crystal structure it is the alloy which ** iron (Fe) 50% or more in the case of a binary system alloy, and ** iron (Fe) 25% or more in the case of a 3 yuan or more alloy, and is a body center cubic.

[Claim 7] Said iron (Fe) a main alloy Cobalt (Co), nickel (nickel), Chromium (Cr), vanadium (V), manganese (Mn), a rhodium (Rh), Titanium (Ti), molybdenum (Mo), a tungsten (W), niobium (Nb), The magneto-resistive effect component according to claim 6 characterized by including at least one sort of elements chosen from the group which consists of a tantalum (Ta), palladium (Pd), platinum (Pt), a zirconium (Zr), and a hafnium (Hf).

[Claim 8] Said iron (Fe) a main alloy Manganese (Mn), copper (Cu), a rhenium (Re), A ruthenium (Ru), palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), [whether at least one sort of elements chosen from the group which consists of gold (Au) and aluminum (aluminum) are included below 20 atom % more than 0.1 atom %, and] Or a scandium (Sc), zinc (Zn), a gallium (Ga), Germanium (germanium), a zirconium (Zr), a hafnium (Hf), An yttrium (Y), a technetium (Tc), boron (B), an indium (In), Carbon (C), silicon (Si), tin (Sn), calcium (calcium), The magneto-resistive effect component according to claim 6 characterized by including at least one sort of elements chosen from the group which consists of strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), a fluorine (F), and nitrogen (N) below 10 atom % more than 0.1 atom %.

[Claim 9] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction It is the magneto-resistive effect component which either at least has a thin film insertion layer, and is characterized by said thin film insertion layer consisting of iron of a body center cubic [crystal structure] of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers (Fe).

[Claim 10] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It is the magneto-resistive effect component which has a thin film insertion layer, and said thin film insertion layer is an alloy which uses iron (Fe) and chromium (Cr) as a principal component, and the content of chromium (Cr) is below 80 atom % more than 0 atom %, and is characterized by the crystal structure consisting of an alloy of a body center cubic.

[Claim 11] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It is the magneto-resistive effect component which has a thin film insertion layer, and said thin film insertion layer is an alloy which uses iron (Fe) and vanadium (V) as a principal component, and the content of vanadium (V) is below 70 atom % more than 0 atom %, and is characterized by the crystal structure consisting of an alloy of a body center cubic.

[Claim 12] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Iron (Fe) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about iron (Fe), including iron (Fe) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. In it, chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), copper (Cu), Zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), Tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), The magneto-resistive effect component characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[Claim 13] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Iron (Fe) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about iron (Fe), including iron (Fe) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. The magneto-resistive effect component characterized by the thing which was chosen from the group which consists of chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), copper (Cu), zinc (Zn), and a gallium (Ga) into it, and which contain one of elements below 30 atom % more than 0.1 atom % at least.

[Claim 14] Said thin film insertion layer is a magneto-resistive effect component according to claim 12 or 13 characterized by including nickel (nickel) in iron (Fe) below pentatomic % more than 0.1 atom %.

[Claim 15] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said

magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Cobalt (Co) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about cobalt (Co), including cobalt (Co) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. In it, chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), copper (Cu), Zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), Tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), The magneto-resistive effect component characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[Claim 16] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Cobalt (Co) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about iron (Co), including iron (Co) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. In it, chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), The magneto-resistive effect component characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of a scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), copper (Cu), and a hafnium (Hf) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[Claim 17] Said thin film insertion layer is a magneto-resistive effect component according to claim 15 or 16 characterized by including at least one sort of elements chosen from the group which becomes cobalt (Co) from iron (Fe) and nickel (nickel) below pentatomic % more than 0.1 atom %.

[Claim 18] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Nickel (nickel) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about nickel (nickel), including nickel (nickel) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. In it, chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), copper (Cu), Zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), Tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), The magneto-resistive effect component characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[Claim 19] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Nickel (nickel) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about iron (nickel), including iron (nickel) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. Titanium (Ti), manganese (Mn), zinc (Zn), a gallium (Ga), The magneto-resistive effect component characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of germanium (germanium), a zirconium (Zr), and a hafnium (Hf) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[Claim 20] Said thin film insertion layer is a magneto-resistive effect component according to claim 18 or 19 characterized by including at least one sort of elements chosen from the group which becomes nickel (nickel) from iron (Fe) and cobalt (Co) below pentatomic % more than 0.5 atom %.

[Claim 21] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either Said thin film insertion layer is an iron (Fe)-cobalt (Co) system alloy whose crystal structure it has a thin film insertion layer and is a body center cubic. In it, chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), Niobium (Nb), a scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), Zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), The magneto-resistive effect component characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) below 10 atom % more than 0.1 atom %.

[Claim 22] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It is the magneto-resistive effect component which has a thin film insertion layer, and said thin film insertion layer is an iron (Fe)-cobalt (Co) system alloy whose crystal structure is a body center cubic, and is characterized by consisting of an alloy which contains copper (Cu) below 10 atom % more than 0.1 atom % in it.

[Claim 23] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the

electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either Said thin film insertion layer is an iron (Fe)-cobalt (Co) system alloy whose crystal structure it has a thin film insertion layer and is a body center cubic. 0.03nm or more 1nm or less thickness which may exist as body-centered cubic structure in it, Chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), zinc (Zn), A gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), The magneto-resistive effect component characterized by the layer which consists of at least one sort of elements chosen from the group which consists of tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) consisting of an alloy inserted periodically.

[Claim 24] The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either Said thin film insertion layer is an iron (Fe)-cobalt (Co) system alloy whose crystal structure it has a thin film insertion layer and is a body center cubic. The magneto-resistive effect component characterized by the layer which consists of with a 0.03nm or more thickness [1nm or less] which may exist as body-centered cubic structure in it copper (Cu) consisting of an alloy inserted periodically.

[Claim 25] The magneto-resistive effect component of any one publication of claim 1-24 characterized by preparing the tooth-back insertion layer which adjoins the interface of the side which is not in contact with said nonmagnetic interlayer of said magnetization free layer, and consists of copper (Cu), gold (Au) and silver (Au), or an alloy that consists of two sorts few further among these.

[Claim 26] The magnetic head characterized by having the magneto-resistive effect component of any one publication of claim 1-25.

[Claim 27] Magnetic-reproducing equipment characterized by making possible reading of the information which was equipped with the magnetic head according to claim 26, and was magnetically recorded on the magnetic-recording medium.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magneto-resistive effect component, the magnetic head using this, and magnetic-reproducing equipment of the structure of passing a sense current perpendicularly to the film surface of the magneto-resistive effect film in a detail, more about a magneto-resistive effect component, the magnetic head, and magnetic-reproducing equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, read-out of the information recorded on the magnetic-recording medium moved relatively the magnetic head for playback which has a coil to the record medium, and has been performed by the approach of detecting the current by which induction is carried out to a coil by the electromagnetic induction then generated. Then, a magneto-resistive effect component (Magnetoresistive effect element) is developed, and it is used for a magnetic field sensor, and also has been used as the magnetic head (MR head) carried in magnetic-reproducing equipments, such as a hard disk drive.

[0003] Since miniaturization and large capacity-ization of a magnetic-recording medium are advanced and the relative velocity of the magnetic head for playback at the time of information read-out and a magnetic-recording medium is becoming small in recent years, even if it is a small relative velocity, the expectation for the MR head which can take out a big output is growing.

[0004] The laminating of a ferromagnetic metal membrane and the non-magnetic metal film is carried out by turns on some conditions to such expectation like an iron (Fe) layer / chromium (Cr) layer, and an iron (Fe) layer / copper (Cu) layer. it is reported that the multilayers which carried out antiferromagnetism association of between the approaching ferromagnetic metal membranes, and the so-called "artificial grid film" show a huge magneto-resistive effect (Phys.Rev.Lett.61 2474 (1988) --) Reference, such as Phys.Rev.Lett., vol.64, and p2304 (1990). However, since the magnetic field required since magnetization is saturated of the artificial grid film is high, it does not fit the film ingredient for MR heads.

[0005] On the other hand, by the multilayers of the sandwich structure of a ferromagnetic layer / non-magnetic layer / ferromagnetic layer, even when a ferromagnetic layer does not carry out antiferromagnetism association, the example which realized the big magneto-resistive effect is reported. That is, an exchange bias magnetic field is impressed to one side of the two-layer ferromagnetic layer whose non-magnetic layer was pinched, magnetization is fixed, and flux reversal of the ferromagnetic layer of another side is carried out by external magnetic fields (signal magnetic field etc.). A big magneto-resistive effect is acquired by changing by this the relative include angle of the magnetization direction of two ferromagnetic layers arranged on both sides of a non-magnetic layer. Such type multilayers are called "the spin bulb (spin valve)." (Reference, such as Phys.Rev.B, vol.45, p806 (1992), J.Appl.Phys., vol.69, and p4774 (1981)) .

[0006] Since magnetization can be saturated with a low magnetic field, the spin bulb fits the MR head and has already been put in practical use. However, the magnetic-reluctance rate of change is to about 20% at the maximum, and in order to correspond more than surface recording density 100Gbps (every gigabit square inch), the magneto-resistive effect component which has still higher magnetic-reluctance rate of change has been needed.

[0007] In a magneto-resistive effect component, there are structure of the CIP (Current-in-Plane)

mold which passes a sense current in parallel to a component film surface, and structure of a CPP (Current Perpendicular to Plane) mold of passing a sense current perpendicularly to a component film surface. And it has a report that the magneto-resistive effect component of a CPP mold shows about 10 times [of the component of a CIP mold] magnetic-reluctance rate of change (J.Phys.Condens.Matter., vol.11, p5717 (1999), etc.), and achievement of 100% of magnetic-reluctance rate of change is not impossible, either.

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, it was the large reasons of resistance variation (output absolute value) that the total thickness of the component of the CPP mold reported until now is mainly thick using an artificial grid and that there are many interfaces. However, in order to fulfill the magnetic properties as a head, it is desirable to have spin bulb structure.

[0008] Drawing 28 is a sectional view which expresses typically the magneto-resistive effect component of the CPP mold which has spin bulb structure. That is, the magneto-resistive effect film M is pinched by the up electrode 52 and the lower electrode 54, and the sense current I flows perpendicularly to a film surface. The fundamental membrane structure of the magneto-resistive effect film M has the structure where the laminating of the substrate layer 12, the antiferromagnetism layer 14, the magnetization fixing layer 16, the nonmagnetic interlayer 18, the magnetization free layer 20, and the protective layer 22 was carried out one by one on the lower electrode 54, as expressed to this drawing.

[0009] These layers consist of a metal fundamentally [all]. The magnetization fixing layer 16 (called a "pin layer") is a magnetic layer which magnetization fixed to the one direction substantially. Moreover, the magnetization free layer 20 (called a "free layer") is a magnetic layer from which the direction of magnetization may change freely according to an external magnetic field.

[0010] However, since the total thickness is thin and there are few interfaces as compared with an artificial grid, if such spin bulb structure energizes perpendicularly to a film surface, resistance of a component will be small and the absolute value of an output will also become small.

[0011] For example, when the spin bulb film of membrane structure conventionally used for CIP structure is used for CPP structure as it is and it energizes perpendicularly to a film surface, for ***** of the output per two, ΔR is m^2 about $1/\mu_0$ micrometer. Only a forge fire is obtained. that is, the thing for which output increase is important, raises the resistance of the part which for that participates in spin dependence conduction among magneto-resistive effect components, and enlarges resistance variation in order to put the CPP mold magneto-resistive effect component using the spin bulb film in practical use -- very -- ** -- it is effective.

[0012] This invention is made based on recognition of this technical problem. The purpose By preparing a proper place the layer which consists of a big ingredient of spin dependence interface dispersion and spin dependence bulk dispersion in the perpendicular energization mold magnetic resistance element of spin bulb structure, respectively It is in offering the magneto-resistive effect component which raises the resistance of the part which carries out spin dependence conduction to a suitable value, as a result enlarges resistance variation and which was alike rattlingly and realized higher magnetic-reluctance variation and the magnetic head using this, and magnetic-reproducing equipment.

[Means for Solving the Problem] The output of the magneto-resistive effect component of a perpendicular energization mold is determined by spin dependence dispersion (interface dispersion) by the interface of a magnetic layer and a non-magnetic layer, and spin dependence dispersion (bulk dispersion) within a magnetic layer. then, the ingredient with big spin dependence interface dispersion to an interface with a non-magnetic layer and a magnetic layer -- if the big ingredient of spin dependence bulk dispersion is brought to the part which occupies half Chuo University, big output enhancement effect is expectable.

[0013] Moreover, if a nonmagnetic tooth-back layer is put into the interface of the direction which does not touch the nonmagnetic interlayer of a magnetization fixing layer or a magnetization free layer, spin dependence interface dispersion by the magnetization fixing layer / nonmagnetic tooth-back layer interface, or a magnetization free layer / nonmagnetic tooth-back layer interface can be used for it. Here, an output increases by applying the big ingredient of spin dependence interface dispersion to a magnetization fixing layer / nonmagnetic tooth-back layer interface, or a

magnetization free layer / nonmagnetic tooth-back layer interface.

[0014] Moreover, since a modulation will be given to band structure, inserting a dissimilar material in the location of an either a magnetization fixing layer or a magnetization free layer has the possibility of output increase.

[0015] this invention person advances original prototype examination from this viewpoint, and came to invent the peculiar magneto-resistive effect component explained in full detail below.

[0016] ***** and the 1st magneto-resistive effect component of this invention The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either Have a thin film insertion layer and said thin film insertion layer consists of an alloy which uses iron (Fe), cobalt (Co), and at least two kinds of metals of the nickel (nickel) as a parent element. It is characterized by containing two kinds of the parent elements [each of] more than 25 atom % in the case of a binary system alloy, and containing three kinds of the parent elements [each of] more than pentatomic % in the case of a 3 yuan alloy.

[0017] According to the above-mentioned configuration, spin dependence dispersion can be increased and magnetic-reluctance change can be made to increase.

[0018] Here, said thin film insertion layer shall have one or more atomic layer the thickness of 3nm or less.

[0019] Moreover, said thin film insertion layer should be prepared in said magnetization fixing layer or said magnetization free layer in the location from distance 0 to 2nm, in view of the interface of said magnetization fixing layer and said nonmagnetic interlayer, or the interface of said magnetization free layer and said nonmagnetic interlayer.

[0020] Moreover, said thin film insertion layer can be prepared in said magnetization fixing layer or said magnetization free layer in the location from distance 0 to 2nm, in view of the interface of the side which is not in contact with the interface of the side which is not in contact with said nonmagnetic interlayer of said magnetization fixing layer, or said nonmagnetic interlayer of said magnetization free layer.

[0021] Moreover, the magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film with which the magnetization direction fixed substantially the 2nd magneto-resistive effect component of this invention to the one direction, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either Have a thin film insertion layer and said thin film insertion layer into the binary system alloy which uses iron (Fe), cobalt (Co), and at least two kinds of metals of the nickel (nickel) as a parent element, or a 3 yuan alloy Chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), copper (Cu), Zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), It is characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[0022] Moreover, the magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film with which the magnetization direction fixed substantially the 3rd magneto-resistive effect component of this

invention to the one direction, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It is characterized by consisting of an alloy whose crystal structure it is the alloy which it has a thin film insertion layer, said thin film insertion layer ** iron (Fe) 50% or more when iron (Fe) is a main alloy, i.e., a binary system alloy, and ** iron (Fe) 25% or more in the case of a 3 yuan or more alloy, and is a body center cubic.

[0023] Said iron (Fe) a main alloy here Cobalt (Co), nickel (nickel), Chromium (Cr), vanadium (V), manganese (Mn), a rhodium (Rh), At least one sort of elements chosen from the group which consists of titanium (Ti), molybdenum (Mo), a tungsten (W), niobium (Nb), a tantalum (Ta), palladium (Pd), platinum (Pt), a zirconium (Zr), and a hafnium (Hf) shall be included.

[0024] Said iron (Fe) a main alloy Or manganese (Mn), copper (Cu), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), palladium (Pd), platinum (Pt), [whether at least one sort of elements chosen from the group which consists of silver (Ag), gold (Au), and aluminum (aluminum) are included below 20 atom % more than 0.1 atom %, and] Or a scandium (Sc), zinc (Zn), a gallium (Ga), Germanium (germanium), a zirconium (Zr), a hafnium (Hf), An yttrium (Y), a technetium (Tc), boron (B), an indium (In), Carbon (C), silicon (Si), tin (Sn), calcium (calcium), At least one sort of elements chosen from the group which consists of strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), a fluorine (F), and nitrogen (N) shall be included below 10 atom % more than 0.1 atom %. Moreover, the magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film with which the magnetization direction fixed substantially the 4th magneto-resistive effect component of this invention to the one direction, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film - - receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction At least, either has a thin film insertion layer and it is characterized by consisting of iron of a body center cubic [layer / said / thin film insertion / crystal structure] of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers (Fe).

[0025] Moreover, the magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film with which the magnetization direction fixed substantially the 5th magneto-resistive effect component of this invention to the one direction, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer, and said thin film insertion layer is an alloy which uses iron (Fe) and chromium (Cr) as a principal component, and the content of chromium (Cr) is below 80 atom % more than 0 atom %, and it is characterized by the crystal structure consisting of an alloy of a body center cubic.

[0026] Moreover, the magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film with which the magnetization direction fixed substantially the 6th magneto-resistive effect component of this invention to the one direction, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically

connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer, and said thin film insertion layer is an alloy which uses iron (Fe) and vanadium (V) as a principal component, and the content of vanadium (V) is below 70 atom % more than 0 atom %, and it is characterized by the crystal structure consisting of an alloy of a body center cubic.

[0027] Moreover, the magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film with which the magnetization direction fixed substantially the 7th magneto-resistive effect component of this invention to the one direction, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Iron (Fe) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about iron (Fe), including iron (Fe) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. In it, chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), copper (Cu), Zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), It is characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[0028] Moreover, the magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film with which the magnetization direction fixed substantially the 8th magneto-resistive effect component of this invention to the one direction, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Iron (Fe) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about iron (Fe), including iron (Fe) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. It is characterized by the thing which was chosen from the group which consists of chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), copper (Cu), zinc (Zn), and a gallium (Ga) into it and which contain one of elements below 30 atom % more than 0.1 atom % at least.

[0029] Here, said thin film insertion layer shall contain nickel (nickel) in iron (Fe) below pentatomic % more than 0.1 atom %.

[0030] Moreover, the magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film with which the magnetization direction fixed substantially the 9th magneto-resistive effect component of this invention to the one direction, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Cobalt (Co) or

iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about cobalt (Co), including cobalt (Co) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. In it, chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), copper (Cu), Zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), It is characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[0031] Moreover, the 10th magneto-resistive effect component of this invention The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Cobalt (Co) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about iron (Co), including iron (Co) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. In it, chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), It is characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of a scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), copper (Cu), and a hafnium (Hf) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[0032] Here, said thin film insertion layer shall contain at least one sort of elements chosen from the group which becomes cobalt (Co) from iron (Fe) and nickel (nickel) below pentatomic % more than 0.1 atom %.

[0033] Moreover, the 11th magneto-resistive effect component of this invention The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Nickel (nickel) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about nickel (nickel), including nickel (nickel) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. In it, chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), copper (Cu), Zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), It is characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[0034] Moreover, the 12th magneto-resistive effect component of this invention The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said

magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer. Said thin film insertion layer Nickel (nickel) or iron (Fe), It is the 2 yuan or 3 yuan alloy which consists of cobalt (Co) and nickel (nickel). 25 atom % In the case of a 3 yuan alloy, it is the included alloy about iron (nickel), including iron (nickel) more than 50 atom % in the case of a binary system alloy. It is characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of titanium (Ti), manganese (Mn), zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), and a hafnium (Hf) below 30 atom % more than 0.1 atom %.

[0035] Here, said thin film insertion layer shall contain at least one sort of elements chosen from the group which becomes nickel (nickel) from iron (Fe) and cobalt (Co) below pentatomic % more than 0.5 atom %.

[0036] Moreover, the 13th magneto-resistive effect component of this invention The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either Said thin film insertion layer is an iron (Fe)-cobalt (Co) system alloy whose crystal structure it has a thin film insertion layer and is a body center cubic. In it, chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), Niobium (Nb), a scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), Zinc (Zn), a gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), It is characterized by consisting of an alloy which contains at least one sort of elements chosen from the group which consists of tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) below 10 atom % more than 0.1 atom %.

[0037] Moreover, the 14th magneto-resistive effect component of this invention The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either It has a thin film insertion layer, and said thin film insertion layer is an iron (Fe)-cobalt (Co) system alloy whose crystal structure is a body center cubic, and is characterized by consisting of an alloy which contains copper (Cu) below 10 atom % more than 0.1 atom % in it.

[0038] Moreover, the 15th magneto-resistive effect component of this invention The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either Said thin film insertion layer is an iron (Fe)-cobalt (Co) system alloy whose

crystal structure it has a thin film insertion layer and is a body center cubic. 0.03nm or more 1nm or less thickness which may exist as body-centered cubic structure in it, Chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), zinc (Zn), A gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), It is characterized by the layer which consists of at least one sort of elements chosen from the group which consists of tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F) consisting of an alloy inserted periodically.

[0039] Moreover, the 16th magneto-resistive effect component of this invention The magnetization fixing layer which has the magnetic-substance film which the magnetization direction fixed to the one direction substantially, The magnetization free layer which has the magnetic-substance film from which the magnetization direction changes corresponding to an external magnetic field, With the non-magnetic metal interlayer prepared between said magnetization fixing layer and said magnetization free layer the film surface of the magneto-resistive effect film which ****, and said magneto-resistive effect film -- receiving -- abbreviation -- with the electrode of a pair electrically connected to said magneto-resistive effect film, in order to energize a sense current in the perpendicular direction Of a preparation, said magnetization fixing layer, and said magnetization free layers, at least either Said thin film insertion layer is an iron (Fe)-cobalt (Co) system alloy whose crystal structure it has a thin film insertion layer and is a body center cubic. It is characterized by the layer which consists of with a 0.03nm or more thickness [1nm or less] which may exist as body-centered cubic structure in it copper (Cu) consisting of an alloy inserted periodically.

[0040] Here, the tooth-back insertion layer which adjoins the interface of the side which is not in contact with said nonmagnetic interlayer of said magnetization free layer, and consists of copper (Cu), gold (Au) and silver (Au), or an alloy that consists of two sorts few further among these should be prepared.

[0041] On the other hand, the magnetic head of this invention can be characterized by having the 1st mentioned above thru/or the 16th one of magneto-resistive effect components, and can obtain an output sharply higher than before.

[0042] Moreover, the magnetic-reproducing equipment of this invention is equipped with this magnetic head, and is characterized by making possible reading of the information magnetically recorded on the magnetic-recording medium.

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained, referring to a drawing.

[0043] Drawing 1 is a mimetic diagram which illustrates the important section cross-section structure of the magneto-resistive effect component concerning the operation gestalt of this invention. The magneto-resistive effect component of this example has the structure where the laminating of the substrate layer 12, the antiferromagnetism layer 14, the magnetization fixing layer 16, the nonmagnetic interlayer 18, the magnetization free layer 20, a protective layer 22, and the up electrode 52 was carried out to this order, on the lower electrode 54. That is, the magneto-resistive effect film is pinched by the up electrode 52 and the lower electrode 54, and a sense current flows perpendicularly to a film surface.

[0044] In the illustrated magneto-resistive effect component, the part of the 18/magnetization free layer 20 of 16/nonmagnetic interlayers of magnetization fixing layers bears a magneto-resistive effect.

[0045] That is, in this part, resistance depending on spin arises to the electron which carried out spin polarization, and spin dependence resistance arises. And according to this invention, by inserting the thin film insertion layers 32 and 34 which turn into these magnetization fixing layer 16 and the magnetization free layer 20 from a peculiar ingredient, the output of a component, i.e., the absolute value of magnetic-reluctance variation, is increased, and the magneto-resistive effect component of the perpendicular energization mold which can be equal to practical use can be realized so that it may explain in full detail below.

[0046] That is, the output of a perpendicular energization component is determined by spin dependence dispersion (interface dispersion) by the interface of a magnetic layer and a non-magnetic

layer, and spin dependence dispersion (bulk dispersion) inside a magnetic layer. And big output enhancement effect can be expected by arranging the big ingredient of spin dependence interface dispersion on the interface of a magnetic layer and a non-magnetic layer, and arranging the big ingredient of spin dependence bulk dispersion on the part which occupies most in a magnetic layer. [0047] As a result of performing prototype and examination uniquely, when the thin film insertion layer which consists of a peculiar ingredient as a part of magnetization fixing layer 16 or magnetization free layer 20 was inserted, this invention person promoted these spin dependence dispersion, and did learning of the ability to enlarge magnetic-reluctance change.

[0048] Each other element which shall explain in full detail, referring to an example behind, and constitutes the magneto-resistive effect component of this invention first about the thin film insertion layer inserted in this invention is explained.

[0049] First, as for the substrate layer 12, it is desirable to form with the ingredient which has the function to improve the crystallinity of the magnetization free layer 20 on it or the magnetization fixing layer 16, the function which raises the smooth nature of an interface further. As such an ingredient, a nickel(nickel)-Fe(iron)-Cr alloy which contains Cr (chromium) about 40% can be mentioned, for example. Although illustration was omitted, in order to carry out high orientation, the layer which consists of NiFe, Ru (ruthenium), Cu (copper), etc. may be inserted between the substrate layer 12 and the antiferromagnetism layer 14.

[0050] The antiferromagnetism layer 14 has the role which fixes magnetization of the magnetization fixing layer 16. That is, magnetization of the magnetization fixing layer 16 can be fixed to an one direction using the switched connection bias field generated in the interface by adjoining the magnetization fixing layer 16 and forming the antiferromagnetism layer 14 which consists of PtMn (platinum manganese), IrMn (iridium manganese), PdPtMn (palladium platinum manganese), NiMn, etc.

[0051] In order to raise the magnetization fixing effectiveness of the magnetization fixing layer 16, it is desirable to insert a magnetic coupling interlayer (not shown) between the antiferromagnetism layer 14 and the magnetization fixing layer 16. As the magnetic coupling middle class's ingredient, the ferromagnetic alloy which uses Fe, Co (cobalt), nickel, etc. as a principal component can be used, for example. Moreover, the thickness is needed in order that that it is as thin as about 0.1-3nm as much as possible may control magnetization of the magnetization fixing layer 16.

[0052] Moreover, it is desirable in order that the so-called "synthetic type" which consists of the ferromagnetic layer / an anti-parallel binder course / a ferromagnetic layer of the laminating ferry mold adopted as the spin bulb GMR as the magnetic coupling middle class of laminating configuration may also control fixing magnetization.

[0053] The nonmagnetic interlayer 18 has the role which intercepts the magnetic coupling of the magnetization fixing layer 16 and the magnetization free layer 20. Furthermore, it is desirable to have the role which forms the interface of the nonmagnetic interlayer 18 and the magnetization fixing layer 16 (thin film insertion layer 32) good so that the rise spin electrons which flow to the magnetization free-from magnetization fixing layer 16 layer 20 may not be scattered about.

[0054] As the nonmagnetic interlayer's 18 ingredient, Cu (copper), Au(gold), Ag (silver), Ru (ruthenium), Ir (iridium), Pd (palladium), Cr (chromium), Mg (magnesium), aluminum (aluminum), Rh (rhodium), Pt (platinum), etc. can be used, for example. Moreover, the thickness is thick to extent which the magnetic coupling between the magnetization free layer 20 and the magnetization fixing layer 16 can fully intercept, and needs a thin thing for extent on which the rise spin electrons from the magnetization fixing layer 16 are not scattered, and although it differs into an ingredient, it is desirable [thickness] that it is in the range which is 0.5-5nm in general.

[0055] A protective layer 22 has the role from which the layered product of the magneto-resistive effect film is protected in the cases, such as patterning processing.

[0056] As mentioned above, in the magneto-resistive effect component of the perpendicular energization mold which has each explained element, if the thin film insertion layer 32 is inserted as a part of magnetization fixing layer 16 and the thin film insertion layer 34 is inserted as a part of magnetization free layer 20 as expressed to drawing 1, magnetic-reluctance variation can be increased.

[0057] Hereafter, before explaining the concrete configuration of the thin film insertion layers 32

and 34 in this invention, it outlines about other examples of the magneto-resistive effect component which can be adopted in this invention.

[0058] Drawing 2 thru/or drawing 5 are the mimetic diagrams showing other examples of the magneto-resistive effect component concerning the gestalt of operation of this invention. About these drawings, the same sign is given to the same element as what was expressed to drawing 1 , and detailed explanation is omitted.

[0059] Although the magneto-resistive effect component with which it expressed to drawing 2 was expressed to drawing 1 , it replaces built-up sequence. Also in this case, the same effectiveness as what was mentioned above about drawing 1 is acquired by inserting the thin film insertion layer 32 in an interface with the nonmagnetic interlayer 18 of the magnetization fixing layer 16, and inserting the thin film insertion layer 34 in an interface with the nonmagnetic interlayer 18 of the magnetization free layer 20.

[0060] Moreover, in the case of the magneto-resistive effect component with which it expressed to drawing 3 , by dividing a magnetization fixing layer by the antiferromagnetism binder course 40, and fixing the direction of the magnetization in 1st magnetization fixing layer 16A and 2nd magnetization fixing layer 16B to anti-parallel, the magnetization as the whole magnetization fixing layer is reduced, and it becomes possible to make the magnetization pinning force by the antiferromagnetism layer 14 increase.

[0061] Also in this case, as expressed to this drawing, a spin scattering effect which mentioned above the thin film insertion layers 32 and 34 by inserting in the magnetization fixing layer 16 and the magnetization free layer 20, respectively is acquired, and it is effective.

[0062] Moreover, in the case of the magneto-resistive effect component with which it expressed to drawing 4 , the thin film insertion layers 32 and 34 consist of a layered product which carried out the laminating of Ferromagnetic F and the non-magnetic material N by turns, respectively.

[0063] On the other hand, in the case of the magneto-resistive effect component with which it expressed to drawing 5 , the thin film insertion layers 32 and 34 consist of a layered product which carried out the laminating of two sorts of ferromagnetics F1 and F2 different, respectively by turns.

[0064] The effectiveness of this invention was checked with two kinds of following components.

[0065] One of them has perpendicular energization component structure which was illustrated to drawing 26 . Hereafter, the structure of this component is explained in accordance with that production process.

[0066] First, it is AlOx on Si (silicon) substrate (not shown). 500nm forms membranes and the resist of the part which serves as the lower electrode 54 by spreading and PEP (PhotoEngraving Process) in a resist on it is removed.

[0067] Next, AlOx of the part which does not have a resist by RIE (Reactive Ion Etching) is removed, and the lower electrode which consists of Ta (5nm) / Cu (400nm) / Ta (20nm) is formed. here, the figure in a parenthesis expresses thickness (the following -- the same).

[0068] Next, in the part which does not form a lower electrode, it is AlOx. It graduates by CMP (Chemical Mechanical Polishing) so that it may come out to a front face. It is 2 to 5 micrometers with a size of 3x3 micrometers on it. The magneto-resistive effect film M was produced. Here, with some components, 30nm of hard film 60 which becomes the side face of the magneto-resistive effect film from CoPt was produced.

[0069] It is SiOx as a passivation membrane 70. 200nm formed membranes and opening of the contact hole (0.3micrometerphi-3micrometerphi) was carried out near the center of the magneto-resistive effect film M by RIE and ion milling.

[0070] Then, the up electrode 52 (Ta (5nm) / Cu (400nm) / Ta (5nm)) and the electrode pad (Au (200nm)) were produced.

[0071] The 2nd component has structure which was expressed to drawing 27 . It was made to be the same as that of the lower electrode 54 and the process which CMP described above. The magneto-resistive effect film M was created on it, and the longitudinal direction was specified from 2 micrometers by 5 micrometers.

[0072] SiOx used as a passivation membrane 70 It created the thickness of 200nm and size was specified in the direction of 90 degrees from 1.5 micrometers by 5 micrometers from the longitudinal direction. Here, right above, 100nm of Au(s) was formed right above [of the magneto-resistive

effect film M], and the up electrode 52 and the electrode pad were created like the 1st component after that so that a sense current might flow uniformly on the whole magneto-resistive effect film M. [0073] About these components, the electric resistance property was measured using 4 terminal method, and it checked about the output that it was same. Moreover, crystal structure analysis was performed using Cu-K alpha rays, and morphology was checked by cross-section TEM (Transmission Electron Microscopy) observation, and was investigated by n-EDX (Energy Dispersive X-ray spectroscopy) about presentation distribution. Moreover, the EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) electronic state was investigated about the specific element in an alloy.

[0074] Hereafter, the result of having examined the proper thickness of the thin film insertion layers 32 and 34 inserted between the magnetization fixing layer 16 or the magnetization free layer 20, and the nonmagnetic interlayer 18 is first explained as the 1st thru/or the 4th example of this invention.

[0075] (The 1st example) In the structure illustrated to drawing 1, the magneto-resistive effect film with which the magnetization free layer 20 and the magnetization fixing layer 16 consist of 20-layer [of nickel80Fe(s)] and thin film insertion layer Co50Fe50 alloy layer, respectively was produced. The film configuration is as follows.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: nickel80Fe20 (5-xnm)

Thin film insertion layer 34 : Co50Fe50 (xnm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : Co50Fe50 (xnm)

A part of magnetization fixing layer 16: nickel80Fe20 (5-xnm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

That is, the total thickness of the magnetization free layer 20 and the magnetization fixing layer 16 set to 5nm, respectively, and manufactured two or more components to which the thickness x of 50 layer of Co50Fe(s) used as a thin film insertion layer was changed from 0nm to 5nm. Moreover, in this example, each of thickness of the thin film insertion layer 32 inserted in the magnetization fixing layer 16 and thickness of the thin film insertion layer 34 inserted in the magnetization free layer 20 was set to the same xnm.

[0076] Drawing 6 is a graphical representation showing the thin film insertion layer Co50Fe50 thickness dependency of resistance variation. That is, the axis of abscissa of this drawing expresses the thickness of a thin film insertion layer, and an axis of ordinate expresses the resistance variation ΔR per two a component area of 1 micrometer.

[0077] This drawing shows ΔR beginning to increase from near 0.5nm of thickness, and becoming about 1.4 times by 1nm of thickness, and continuing increasing also after that, when the thickness of a thin film insertion layer is increased. When a thin film insertion layer is not much thin, since the desired Co50Fe50 thin-film insertion layer is not made by mixing (alloying), it is thought that an output is not improved. Therefore, when it is the component of beautiful membraneous quality which does not have fear of mixing, effectiveness can be expected even if it is a still thinner thin film insertion layer.

[0078] It is thought that increase of ΔR obtained when the thickness of a thin film insertion layer is thin is based on increase of spin dependence interface dispersion. However, it turns out that the output is rising further because it increases thickness since spin dependence bulk dispersion of Co50Fe50 is also large.

[0079] Drawing 7 is a graphical representation showing the thickness dependency of the thin film insertion layer of the holding power of a magnetization free layer. That is, an axis of abscissa expresses the thickness of a thin film insertion layer to this drawing, and an axis of ordinate expresses the holding power H_c of a magnetization free layer.

[0080] It turns out that holding power H_c increases from drawing 7 as a thin film insertion layer is thickened, and 15Oe(s) (oersted) are exceeded in 1nm. Since the sensibility to an external magnetic field will fall if the holding power of a magnetization free layer becomes high, an upper limit arises in the thickness of a thin film insertion layer.

[0081] Therefore, the configuration 20 which made the symmetry form the magnetization free layer and the magnetization fixing layer, i.e., a magnetization free layer, and the magnetization fixing layer 16 shall be consisted of 20-layer [of nickel80Fe(s)], and thin film insertion layer Co50Fe50 alloy layer, respectively. When preparing both the thin film insertion layer of the same thickness, it can be said from increase of ΔR , and a viewpoint of control of H_c that it is practical to be referred to as 0.5nm or more 1nm or less as for the thickness of the thin film insertion layers 32 and 34.

[0082] (The 2nd example) Next, in the structure expressed to drawing 1, the magnetization free layer 20 and the magnetization fixing layer 16 produced the magneto-resistive effect film which consists of Co90Fe10 and thin film insertion layer Co50Fe50 alloy as the 2nd example of this invention, respectively. The film configuration is as follows.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co90Fe10 (5-xnm)

Thin film insertion layer 34 : Co50Fe50 (xnm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : Co50Fe50 (xnm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co90Fe10 (5-xnm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Also in this example, the thickness of the magnetization free layer 20 and the magnetization fixing layer 16 set to 5nm, respectively, and manufactured two or more components to which the thickness of the thin film insertion layers 32 and 34 which consist of Co50Fe50 was changed from 0nm to 5nm.

[0083] Drawing 8 is a graphical representation showing the thin film insertion layer Co50Fe50 thickness dependency of resistance variation. That is, the axis of abscissa of this drawing expresses the thickness of a thin film insertion layer, and an axis of ordinate expresses the resistance variation ΔR per two a component area of 1 micrometer.

[0084] This drawing shows ΔR beginning to increase by 0.5nm and continuing increasing also about 1.5 times and after that by 1nm, when the thickness of a thin film insertion layer is increased. Since the desired Co50Fe50 thin-film insertion layer is not made by mixing (alloying) in this case when a thin film insertion layer is not much thin, it is thought that an output is not improved.

Therefore, when it is the component of beautiful membraneous quality which does not have fear of mixing, effectiveness can be expected even if it is a still thinner thin film insertion layer.

[0085] It is thought that increase of ΔR obtained when the thickness of a thin film insertion layer is thin is based on increase of spin dependence interface dispersion. However, it turns out that the output is rising further because it increases thickness since spin dependence bulk dispersion of Co50Fe50 is also large.

[0086] Drawing 9 is a graphical representation showing the thickness dependency of the thin film insertion layer of the holding power of a magnetization free layer. That is, an axis of abscissa expresses the thickness of a thin film insertion layer to this drawing, and an axis of ordinate expresses the holding power H_c of a magnetization free layer.

[0087] It turns out that holding power H_c increases from drawing 9 as a thin film insertion layer is thickened, and 15Oe(s) are exceeded in 0.75nm. Since the sensibility to an external magnetic field will fall if the holding power of a magnetization free layer becomes high, an upper limit arises in the thickness of a thin film insertion layer.

[0088] Therefore, the configuration which made the symmetry form the magnetization free layer and the magnetization fixing layer also in the case of this example, Namely, the magnetization free layer 20 and the magnetization fixing layer 16 shall be consisted of ten-layer [of Co90Fe(s)], and thin film insertion layer Co50Fe50 alloy layer, respectively. When preparing both the thin film insertion layer of the same thickness, it can be said from increase of ΔR , and a viewpoint of control of H_c that it is practical to be referred to as 0.5nm or more 0.75nm or less as for the thickness of the thin film insertion layers 32 and 34.

[0089] (The 3rd example) Next, as the 3rd example of this invention, it fixed to nickel80Fe20 of

5nm of thickness, without inserting the thin film insertion layer 34 in the magnetization free layer 20 in the structure expressed to drawing 1, and the magneto-resistive effect film which used only the magnetization fixing layer 16 as the layer which consists of 20 layer of nickel80Fe(s) and Co50Fe50 thin-film insertion layers 32 was produced. The film configuration is as follows.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

Magnetization free layer 20 : nickel80Fe20 (5nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : Co50Fe50 (xnm)

A part of magnetization fixing layer 16: nickel80Fe20 (5-xnm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Also in this example, the thickness of the magnetization fixing layer 16 set to 5nm, and manufactured two or more components to which the thickness of the thin film insertion layer 32 which consists of Co50Fe50 was changed from 0nm to 5nm.

[0090] Drawing 10 is a graphical representation showing the thin film insertion layer Co50Fe50 thickness dependency of resistance variation. That is, the axis of abscissa of this drawing expresses the thickness of a thin film insertion layer, and an axis of ordinate expresses the resistance variation ΔR per two a component area of 1 micrometer.

[0091] It turns out that it becomes about 1.6 times by 5nm which ΔR began to increase by 0.75nm in this example, and permuted the magnetization fixing layer 16 completely from this drawing when the thickness of a thin film insertion layer was increased. Also in this example, when a thin film insertion layer is not much thin, since the desired Co50Fe50 thin-film insertion layer is not made by mixing (alloying), it is thought that an output is not improved. Therefore, when it is the component of beautiful membraneous quality which does not have fear of mixing, effectiveness can be expected even if it is a still thinner thin film insertion layer.

[0092] It is thought that increase of ΔR obtained when the thickness of a thin film insertion layer is thin is based on increase of spin dependence interface dispersion. However, it turns out that the output is rising further because it increases thickness since spin dependence bulk dispersion of Co50Fe50 is also large.

[0093] Drawing 11 is a graphical representation showing the thickness dependency of the thin film insertion layer of the holding power of a magnetization free layer. That is, an axis of abscissa expresses the thickness of a thin film insertion layer to this drawing, and an axis of ordinate expresses the holding power H_c of a magnetization free layer.

[0094] When a thin film insertion layer is inserted only in the magnetization fixing layer 16, H_c is controlled compared with the case where it inserts in both a magnetization fixing layer and a magnetization free layer. However, if it amounts to 5nm in thickness in which the crystallinity of the whole spin bulb film begins to deteriorate, H_c will exceed 10Oe(s).

[0095] Therefore, when inserting the thin film insertion layer 32 which changes from Co50Fe50 only to a magnetization fixing layer, it can be said from increase of ΔR , and a viewpoint of control of H_c that it is practical to be referred to as 0.75nm or more 4nm or less as for the thickness of the thin film insertion layer 32.

[0096] (The 4th example) Next, as the 4th example of this invention, in the structure expressed to drawing 1, it fixed to nickel80Fe20(2nm)/Co50Fe50 (3nm), and the magnetization fixing layer 16 produced the magneto-resistive effect film of the structure which inserted the Co90Fe10 thin-film insertion layer in 20 layer of nickel80Fe(s) as a magnetization free layer 20. The film configuration is as follows.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: nickel80Fe20 (5-xnm)

Thin film insertion layer 34 : Co90Fe10 (xnm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Magnetization fixing layer 16 : Co50Fe50 (3nm)

Magnetization fixing layer 16 : nickel80Fe20 (2nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

That is, in this example, the total thickness of the magnetization free layer 20 set to 5nm, and manufactured two or more components to which the thickness of the thin film insertion layer 34 which consists of Co₉₀Fe₁₀ was changed from 0nm to 5nm.

[0097] Drawing 12 is a graphical representation showing the thin film insertion layer Co₉₀Fe₁₀ thickness dependency of resistance variation. That is, the axis of abscissa of this drawing expresses the thickness of a thin film insertion layer, and an axis of ordinate expresses the resistance variation ΔR per two a component area of 1 micrometer.

[0098] This drawing shows ΔR beginning to increase by 0.25nm in this example, and taking maximum by 2nm, when the thickness of a thin film insertion layer is increased. Also in this example, when a thin film insertion layer is not much thin, since the desired Co₉₀Fe₁₀ thin-film insertion layer is not made by mixing (alloying), it is thought that an output is not improved. Therefore, when it is the component of beautiful membranous quality which does not have fear of mixing, effectiveness can be expected even if it is a still thinner thin film insertion layer.

[0099] Moreover, the effectiveness that Co₉₀Fe₁₀ thin film increases spin dependence interface dispersion is nickel₈₀Fe₂₀ at the point of spin dependence bulk dispersion, although it is large. Since the way excels, when thickness of the thin film insertion layer 34 is thickened, the inclination for an output to decline is shown.

[0100] Drawing 13 is a graphical representation showing the thickness dependency of the thin film insertion layer of the holding power of a magnetization free layer. That is, an axis of abscissa expresses the thickness of a thin film insertion layer to this drawing, and an axis of ordinate expresses the holding power H_c of a magnetization free layer.

[0101] Although H_c goes up, the inclination is loose and, on the whole, is suppressed within 10 Oes, as the thin film insertion layer 34 becomes thick.

[0102] Therefore, when the magnetization fixing layer 16 is fixed to nickel₈₀Fe₂₀(2nm)/Co₅₀Fe₅₀(3nm) and thin film insertion layer Co₉₀Fe₁₀ is inserted in the magnetization free layer 20, it can be said from increase of ΔR , and a viewpoint of control of H_c that it is practical to be referred to as 0.25nm or more 2.5nm or less as for the thickness of the thin film insertion layer 34.

[0103] Next, the result of having examined the ingredient of a thin film insertion layer inserted in a magnetization fixing layer and a magnetization free layer as the 5th thru/or the 12th example of this invention is explained.

[0104] (The 5th example) The magneto-resistive effect component of the structure illustrated to drawing 1 was first produced as the 5th example of this invention. The film configuration is as follows.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Thin film insertion layer 34 : X (2nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : X (2nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Here, five kinds of Fe-Co system alloys (Co, Co₉₀ Fe₁₀, Fe₅₀ Co₅₀, Fe₈₀ Co₂₀, Fe) were used as an ingredient X of the thin film insertion layers 32 and 34, respectively. The ingredient of the thin film insertion layers 32 and 34 and relation with obtained ΔR are shown below.

X : ΔR (momegamum²) Co : 0.6 Co₉₀Fe₁₀ : 0.8 Fe₅₀Co₅₀ : 1.55Fe₈₀Co₂₀ : 1.45Fe : 1.35 -- in addition -- here -- presentation X -- Co₉₀Fe₁₀ it is -- since a case serves as the same presentation as other parts of the magnetization fixing layer 16 and the magnetization free layer 20, distinction of the thin film insertion layers 32 and 34 is not attached. Fe₅₀ to which the crystal structure serves as a body center cubic from the above-mentioned result when a Fe-Co system alloy is used as an ingredient of the thin film insertion layers 32 and 34 -- Co₅₀ and Fe₈₀ -- when Co₂₀ and Fe were inserted, it became clear that the effectiveness of increasing ΔR was acquired. If it resulted

contrary to this when Co was used, it also became clear that ΔR decreased from insertion before.

[0105] Therefore, when using a Fe-Co system alloy as an ingredient of the thin film insertion layers 32 and 34, it is desirable to use the thing of the presentation from which the crystal structure serves as a body center cubic.

[0106] (The 6th example) Next, the magneto-resistive effect component which has the following film configurations as the 6th example of this invention was created.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Thin film insertion layer 34 : X (2nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : X (2nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Here, five kinds of Fe-nickel system alloys (nickel, nickel₈₀Fe₂₀, Fe₅₀nickel₅₀, Fe₉₀nickel₁₀, Fe) were used as an ingredient X of the thin film insertion layers 32 and 34, respectively. The ingredient of the thin film insertion layers 32 and 34 and relation with obtained ΔR are shown below.

X : ΔR (momegamum²)

It does not insert. : 0.8nickel : 0.3 nickel₈₀Fe₂₀ : 0.4 nickel₅₀Fe₅₀ : 0.9Fe₉₀nickel₁₀ : 1.3Fe : Fe₉₀ to which the crystal structure serves as a body center cubic from the result of the 1.35 above also when a Fe-nickel system alloy is used as an ingredient of the thin film insertion layers 32 and 34 -- when nickel₁₀ and Fe were inserted, it became clear that the effectiveness of increasing ΔR was acquired. Contrary to this, they are nickel or nickel₈₀Fe₂₀. If it resulted when it used, it also became clear that ΔR decreased from insertion before.

[0107] Therefore, also when using a Fe-nickel system alloy as an ingredient of the thin film insertion layers 32 and 34, it is desirable to use the thing of the presentation from which the crystal structure serves as a body center cubic.

[0108] (The 7th example) Next, the magneto-resistive effect component which has the following film configurations as the 7th example of this invention was created.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Thin film insertion layer 34 : X (2nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : X (2nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Here, five kinds of Co-nickel system alloys (nickel, nickel₈₀Co₂₀, Fe₅₀Co₅₀, Co₉₀nickel₁₀, Co) were used as an ingredient X of the thin film insertion layers 32 and 34, respectively. The ingredient of the thin film insertion layers 32 and 34 and relation with obtained ΔR are shown below.

X : ΔR (momegamum²)

It does not insert. : 0.8nickel : 0.3 nickel₈₀Co₂₀ : It 0.5 nickel₅₀Co₅₀ : Became clear [1.0Co₉₀nickel₁₀ : / 0.8Co :] that the effectiveness of increasing ΔR from the result of the 0.6 above in near the presentation of nickel₅₀Co₅₀ when a Co-nickel system alloy is used as an ingredient of the thin film insertion layers 32 and 34 was acquired. And when the presentation nickel or near Co was adopted, it also became clear that ΔR decreased from insertion before.

[0109] (The 8th example) Next, the magneto-resistive effect component which has the following film configurations as the 8th example of this invention was created.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Thin film insertion layer 34 : X (2nm)
 Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)
 Thin film insertion layer 32 : X (2nm)
 A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)
 Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)
 The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)
 The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)
 97 (Fe₅₀Co₅₀)Z₃ which made Fe₅₀Co₅₀ do 3at(s)(atom) % content of Element Z (Cu, Ti, Ga, Hf, or Mn) as an ingredient X of the thin film insertion layers 32 and 34 here It used. The relation between the element Z added to Fe₅₀Co₅₀ and obtained ΔR is shown below.

Z : ΔR (momegamum²)

When it did not add but Fe₅₀Co₅₀ alloy as a thin film insertion layer was made to contain these elements in a minute amount from the result of the : 2.7Mn : 2.2 above, it turned out that ΔR increases. : 1.55Cu : 2.9 Ti : 2.7 Ga : 2.4Hf Although content about 30 atoms % extent had the effectiveness of increase of ΔR , respectively as a result of investigating still more quantitatively, it is remarkable at the time of below 10 atom %, and it became clear desirably that effectiveness is large in carrying out to below 10 atom % more than pentatomic %.

[0110] Moreover, even if it made Cr, V, Ta, Nb, Zn, nickel, or Sc other than the above-mentioned element contain, ΔR increased. Furthermore, effectiveness was seen also when germanium, Y, Tc, Re, Ru, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, B, aluminum, In, C, Si, Sn, calcium, Sr, Ba, O, N, or F was included.

[0111] (The 9th example) Next, the magneto-resistive effect component which has the following film configurations as the 9th example of this invention was created.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Thin film insertion layer 34 : X (2nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : X (2nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Fe 97Z₃ which made iron (Fe) do 3at(s)(atom) % content of Element Z (Cr, V, Ta, Nb, Cu, Zn, or Ga) as an ingredient X of the thin film insertion layers 32 and 34 here It used. The relation between an alloying element Z and obtained ΔR is shown below.

Z : ΔR (momegamum²)

When it did not add but the iron as a thin film insertion layer was made to contain the above-mentioned element in a minute amount from the result of the : 1.45Cu : 1.80Zn : 1.75Ga : 1.70 above, it turned out that ΔR increases. : 1.35Cr : 1.45V : 1.45Ta : 1.45Nb Although content about 30 atoms % extent had the effectiveness of increase of ΔR , respectively as a result of investigating still more quantitatively, it is remarkable at the time of below 10 atom %, and it became clear desirably that effectiveness is large in carrying out to below 10 atom % more than pentatomic %.

[0112] Moreover, even if it made Co, nickel, Sc, germanium, Y, Tc, Re, Ru, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, B, aluminum, In, C, Si, Sn, calcium, Sr, Ba, O, N, or F other than the above-mentioned element contain, ΔR increased. Moreover, also in the Fe-Co alloy with which Fe occupies more than 50 atom %, the Fe-nickel alloy, or the Fe-Co-nickel alloy with which Fe occupies more than 25 atom %, the same effectiveness was acquired as a host phase besides Fe.

[0113] (The 10th example) Next, the magneto-resistive effect component which has the following film configurations as the 10th example of this invention was created.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Thin film insertion layer 34 : X (2nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : X (2nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Co 97Z3 which made cobalt (Co) do 3at(s)(atom) % content of Element Z (Sc, Ti, Mn, Cu, or Hf) as an ingredient X of the thin film insertion layers 32 and 34 here It used. The relation between an alloying element Z and obtained AdeltaR is shown below.

Z : AdeltaR (momegamum2)

When it did not add but the cobalt as a thin film insertion layer was made to contain the above-mentioned element in a minute amount from the result of the 1.0 above, it turned out that AdeltaR increases. : 0.6Sc : 1.0Ti : 1.2Mn : 1.0Cu : 1.5Hf : Although content about 30 atoms % extent had the effectiveness of increase of AdeltaR, respectively as a result of investigating still more quantitatively, it is remarkable at the time of below 10 atom %, and it became clear desirably that effectiveness is large in carrying out to below 10 atom % more than pentatomic %.

[0114] Moreover, even if it made either [other than the above-mentioned element] Fe, nickel, Cr, V, Ta, Nb, Zn, Ga, germanium, Zr, Y, Tc, Re, Ru, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, B, aluminum, In, C, Si, Sn, calcium, Sr, Ba, O, N or F contain, AdeltaR increased. Moreover, also in the Co-Fe alloy with which cobalt occupies more than 50 atom %, the Co-nickel alloy, or the Fe-Co-nickel alloy with which cobalt occupies more than 25 atom %, the same effectiveness was acquired as a host phase besides cobalt.

[0115] (The 11th example) Next, the magneto-resistive effect component which has the following film configurations as the 11th example of this invention was created.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Thin film insertion layer 34 : X (2nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : X (2nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

nickel 97Z3 which made nickel (nickel) do 3at(s)(atom) % content of Element Z (Ti, Mn, Zn, Ga, germanium, Zr, or Hf) as an ingredient X of the thin film insertion layers 32 and 34 here It used. The relation between an alloying element Z and obtained AdeltaR is shown below.

Z : AdeltaR (momegamum2)

When it did not add but the nickel as a thin film insertion layer was made to contain the above-mentioned element in a minute amount from the result of the : 0.9germanium : 0.8Zr : 1.0Hf : 1.2 above, it turned out that AdeltaR increases. : 0.3Ti : 0.8Mn : 0.9Zn : 1.0Ga Although content about 30 atoms % extent had the effectiveness of increase of AdeltaR, respectively as a result of investigating still more quantitatively, it is remarkable at the time of below 10 atom %, and it became clear desirably that effectiveness is large in carrying out to below 10 atom % more than pentatomic %.

[0116] Moreover, even if it made either [other than the above-mentioned element] Fe, Co, Cr, V, Ta, Nb, Sc, Cu, Y, Tc, Re, Ru, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, B, aluminum, In, C, Si, Sn, calcium, Sr, Ba, O, N or F contain, AdeltaR increased. Moreover, also in the nickel-Fe alloy with which nickel occupies more than 50 atom %, the nickel-Co alloy, or the Fe-Co-nickel alloy with which nickel occupies more than 25 atom %, the same effectiveness was acquired as a host phase besides nickel.

[0117] (The 12th example) Next, the magneto-resistive effect component which has the following film configurations as the 12th example of this invention was created.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Thin film insertion layer 34 : X (2-2.3nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : X (2-2.3nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Here, the following four kinds were used as an ingredient X of the thin film insertion layers 32 and 34. (1)Fe₅₀Co₅₀ (2nm)

(2)(Fe₅₀Co₅₀)₉₇Cu₃ (2nm)

(3)(Fe₅₀Co₅₀(1nm)/Cu(0.1nm)/Fe₅₀Co₅₀(1nm))

(4)(Fe₅₀Co₅₀(0.7nm)/Cu(0.1nm)/Fe₅₀Co₅₀(0.7nm)/Cu(0.1nm)/Fe₅₀Co₅₀(0.7nm))

In addition, these laminated structures express the sequence from a lower electrode side. The relation between the presentation X of the thin film insertion layers 32 and 34 and obtained ΔR is shown below.

X : ΔR (m Ω m²)

(1) : 1.55 (2) : 2.9 (3) : 3.1 (4) : The result of the 3.3 above shows that the direction at the time of inserting Cu layer periodically rather than the time of making homogeneity contain Cu into Fe₅₀Co₅₀ can obtain larger ΔR .

[0118] 0.03nm or more 1nm or less thickness to which this inclination may exist as body-centered cubic structure not only in Cu but in a Fe-Co alloy, Chromium (Cr), vanadium (V), a tantalum (Ta), niobium (Nb), A scandium (Sc), titanium (Ti), manganese (Mn), zinc (Zn), A gallium (Ga), germanium (germanium), a zirconium (Zr), A hafnium (Hf), an yttrium (Y), a technetium (Tc), A rhenium (Re), a ruthenium (Ru), a rhodium (Rh), iridium (Ir), Palladium (Pd), platinum (Pt), silver (Ag), gold (Au), boron (B), Aluminum (aluminum), an indium (In), carbon (C), silicon (Si), It saw also about the structure which carried out the laminating of the **** periodically from at least one sort of elements chosen from the group which consists of tin (Sn), calcium (calcium), strontium (Sr), barium (Ba), oxygen (O), nitrogen (N), and a fluorine (F).

[0119] (The 13th example) Next, the magneto-resistive effect component which has the following film configurations as the 13th example of this invention was created.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (4.5nm)

Thin film insertion layer 34 : X (0.5nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : X (0.5nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (4.5nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Here, the ingredient X of a thin film insertion layer was used as the Fe_{1-z}Cr_z alloy. The Cr content Z of the thin film insertion layers 32 and 34, the thickness of a thin film insertion layer, and relation with obtained ΔR are shown below. In addition, the data the case where a thin film insertion layer is not prepared, and at the time of inserting 2nm of pure Fe(s) were also shown for the comparison.

Z Thickness : ΔR (m Ω m²)

0 0Nm : 0.80 (2Nm) : 1.350 (0.5nm) : 0.910 (0.5nm) : 1.330 (0.5nm) : 1.560 (0.5nm) : 1.480

(0.5nm) : If the result of the 1.2 above is explained First, ΔR is increasing from 0.8 (m Ω m²) to 1.35 (m Ω m²) by inserting the 2nm thin film insertion layer which consists of pure Fe (Z= 0). This can be explained as follows.

[0120] That is, in the case of such ferromagnetic transition metals, the hybrid band is formed in the place where s band, p band, and d band are near in energy. Although it is hard to be scattered about since majority spin (a large number spin) has a Fermi level in the energy location from which it separated from the hybrid band, minority spin (a small number of spin) is in the condition of being easy to be scattered about since it has a Fermi level in a hybrid band region. Minority spin becomes one index for ** to discern the size of magnetic-reluctance variation with a Fermi level in the location where majority spin separated from the hybrid band how with the Fermi level near the

center of a hybrid band from this serving as the origin of a magneto-resistive effect what.

[0121] Here, transition metals can take a face-centered cubic and a body center cubic typically as the crystal structure. Generally by metal systems, such as Fe, Co, and nickel, the Fermi level of minority spin is located more in the center of a hybrid band by the body center cubic rather than a face-centered cubic. That is, in order to increase a magneto-resistive effect, a body center cubic will be good. It is considered that the above mentioned is one of the causes that insert pure Fe as a thin film insertion layer in this example, and ΔR goes up.

[0122] by the way, pure -- if thickness of Fe is made thin from 2nm to 0.5nm, ΔR will decrease to 0.9 (momegamum²). This will be considered because it is hard coming to take a body center cubic as the crystal structure if Fe becomes very thin. On the other hand, as a result of making a thin film insertion layer contain Cr so that a body center cubic may be stabilized and may be obtained in all presentation regions, ΔR increased from the time of pure Fe (0.5nm).

[0123] In addition, when the Fe-Cr alloy increases Cr, Curie temperature falls and Cr presentation shows a paramagnetism at a room temperature above about 70 at(s)(atom) %. However, Fe-Cr itself is very thin, when the ferromagnetic adjoins, induction of the ferromagnetism is carried out and it can discover a magneto-resistive effect.

[0124] (The 14th example) Next, the magneto-resistive effect component which has the following film configurations as the 14th example of this invention was created.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (4.5nm)

Thin film insertion layer 34 : X (0.5nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : X (0.5nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (4.5nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Here, the ingredient X of a thin film insertion layer was used as the Fe₁-ZVZ alloy. The V content Z of the thin film insertion layers 32 and 34, the thickness of a thin film insertion layer, and relation with obtained ΔR are shown below. In addition, the data the case where a thin film insertion layer is not prepared, and at the time of inserting 2nm of pure Fe(s) were also shown for the comparison.

Z Thickness : ΔR (momegamum²)

0 As mentioned above about the 1.1 8th example, 0nm:1.360(0.5nm): Decrease [1.180(0.5nm):] a little the effectiveness that insert Fe of a body center cubic and ΔR increases, in the field where a thin film insertion layer is very thin. 0.80 (2nm) : 1.350 (0.5nm) : 0.910 (0.5nm) : 1.230 (0.5nm) : Then, ΔR was recovered when V was made to contain so that a body center cubic may become stable.

[0125] V shows a paramagnetism also for a Fe-V alloy in the presentation field more than about 70 atoms %. However, Fe-V itself is very thin, when the ferromagnetic adjoins, induction of the ferromagnetism is carried out and it can discover a magneto-resistive effect.

[0126] The increment in ΔR accompanying the above stabilization of a body center cubic was similarly seen, when the presentation field of a body center cubic of a Fe-Co alloy (below Co:80 atom %), a Fe-nickel alloy (below nickel:10 atom %), a Fe-Rh alloy (Rh:11 atom % - 55 atom %), a Fe-Ti alloy (Ti:49 atom % - 51 atom %), and a Fe-Co-nickel alloy and the presentation field of a body center cubic of a Co-Mn-Fe alloy were used for a thin film insertion layer.

[0127] Into these alloys, furthermore, Sc, Ti, Mn, Cu, Zn, Ga, germanium, Zr, Hf, Y, Tc, Re, Ru, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Also when at least one sort of elements which are not contained in the alloy which serves as a host phase among the groups which consist of Au, B, aluminum, In, C, Si, Sn, calcium, Sr, and Ba were added from 0.5 atoms % to 30 atoms %, the effectiveness of ΔR increase was seen.

[0128] (The 15th example) Next, the case where the nonmagnetic interlayer 18 is set to Au(gold) is explained as the 15th example of this invention. In this example, the magneto-resistive effect component which has the following film configurations was created.

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Thin film insertion layer 34 : X (2nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Au (3nm)

Thin film insertion layer 32 : X (2nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (3nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Here, the five-kind Fe-Co system alloy (Co, Co₉₀Fe₁₀, Fe₅₀Co₅₀, Fe₈₀Co₂₀, Fe) was used as an ingredient X of a thin film insertion layer. The value of obtained ΔR is shown below.

X : ΔR (momegamum²)

Co : 0.3Co₉₀Fe₁₀ : 0.4Fe₅₀Co₅₀ : 0.9Fe₈₀Co₂₀ : 1.45Fe : 1.7 -- as mentioned above, the inclination for ΔR to be large was acquired for the thing which has high Fe concentration as thin film insertion layers 32 and 34 when setting the nonmagnetic interlayer 18 to Au. Thus, it is important to choose suitably the ingredient of the thin film insertion layers 32 and 34 according to the nonmagnetic interlayer's 18 quality of the material because of ΔR increase.

[0129] (The 16th example) Next, the result of having examined the structure of having the tooth-back insertion layer 36 as the 16th example of this invention as expressed to drawing 14 is explained. First, the magneto-resistive effect component which has a thin film insertion layer as follows was created, and the effectiveness was investigated.

Sample A: Standard structure (drawing 1)

Protective layer 22 : Ta (10nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Thin film insertion layer 34 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Sample B: Structure of having the tooth-back insertion layer 36 (drawing 14)

Protective layer 22 : Ta (10nm)

Tooth-back insertion layer 36 : Cu (1nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Thin film insertion layer 34 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

ΔR of the sample B with the tooth-back insertion layer 36 increased to 1.5 (momegamum²) to ΔR of Sample A having been 1.2 (momegamum²). This is considered because spin dependence interface dispersion has arisen in the interface of the 20/tooth-back insertion layer 36 of magnetization free layers.

[0130] This effectiveness can be acquired similarly [in the case of the structure which has arranged the antiferromagnetism layer 14 which was illustrated to drawing 15 to the up side].

[0131] (The 17th example) Next, the result of having examined the effectiveness which inserts a thin film insertion layer in the structure of having the tooth-back insertion layer 36, as the 17th example of this invention is explained. First, seven kinds of sample C-I was created as a magneto-resistive effect component which has a tooth-back insertion layer as follows, and the effectiveness was investigated.

Sample C: With no thin film insertion layer (drawing 14)

Protective layer 22 : Ta (10nm)

Tooth-back insertion layer 36 : Cu (1nm)

Magnetization free layer 20 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Magnetization fixing layer 16 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Sample D: Insert the thin film insertion layer 32 between the magnetization fixing layer 16 and the antiferromagnetism layer 14 (drawing 16).

Protective layer 22 : Ta (10nm)

Tooth-back insertion layer 36 : Cu (1nm)

Magnetization free layer 20 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Thin film insertion layer 32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Sample E: Insert the thin film insertion layer 32 into the magnetization fixing layer 16 (drawing 17).

Protective layer 22 : Ta (10nm)

Tooth-back insertion layer 36 : Cu (1nm)

Magnetization free layer 20 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (2nm)

Thin film insertion layer 32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (2nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Sample F: Insert the thin film insertion layer 32 into the magnetization fixing layer 16 and the nonmagnetic interlayer 18 (drawing 18).

Protective layer 22 : Ta (10nm)

Tooth-back insertion layer 36 : Cu (1nm)

Magnetization free layer 20 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Sample G: Insert the thin film insertion layer 34 between the nonmagnetic interlayer 18 and the magnetization free layer 20 (drawing 19).

Protective layer 22 : Ta (10nm)

Tooth-back insertion layer 36 : Cu (1nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Thin film insertion layer 34 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Magnetization fixing layer 16 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Sample H: Insert the thin film insertion layer 34 into the magnetization free layer 20 (drawing 20).

Protective layer 22 : Ta (10nm)

Tooth-back insertion layer 36 : Cu (1nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (2nm)

Thin film insertion layer 34 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (2nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Magnetization fixing layer 16 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Sample I: Insert the thin film insertion layer 34 between the magnetization free layer 20 and the tooth-back insertion layer 36 (drawing 21).

Protective layer 22 : Ta (10nm)

Tooth-back insertion layer 36 : Cu (1nm)

Thin film insertion layer 34 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Magnetization fixing layer 16 : Co₉₀Fe₁₀ (5nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

It was as follows as a result of evaluating ΔR about these sample C-I.

Sample ΔR (momegamum2)

C When the 1.1 thin-film insertion layers 32 or 34 had been arranged to the interface (sample F) of the 16/nonmagnetic interlayer 18 of magnetization fixing layers, or the interface (sample G) of the 20/nonmagnetic interlayer 18 of magnetization free layers, the effectiveness of the increase of ΔR : Was [: / 1.2G : / 1.2H : / 1.0I :] the largest. 0.9D : 1.0E : 1.0F Moreover, the case (sample I) where it inserted in the interface of the 20/tooth-back insertion layer 36 of magnetization free layers had effectiveness in the degree. These are considered because spin dependence interface dispersion is increasing.

[0132] On the other hand, Samples D, E, and H are also increasing ΔR to some extent. As one of the reason of this, it is mentioned that Fe₅₀Co₅₀ of spin dependence bulk dispersion is larger than Co₉₀Fe₁₀. Moreover, it may originate also in a modulation being added to the band structure of a magnetization fixing layer or a magnetization free layer, and the difference of the conductivity of majority spin and minority spin being expanded by the laminating of the layer of a face-centered cubic [crystal structure] and the layer of a body center cubic being carried out.

[0133] (The 18th example) In the 17th example mentioned above, the effectiveness by the insertion point was investigated about the one-layer thin film insertion layer. In this example, it is that effectiveness combines the remarkable samples F, G, and I there, and the further increase of ΔR is attained. The following samples J and K were created as a magneto-resistive effect component which specifically has a tooth-back insertion layer as follows, and the property was investigated. It is the arrangement protective layer 22 about a sample J:Fe₅₀Co₅₀ thin-film insertion layer to the interface of the magnetization fixing layer 16 and the nonmagnetic interlayer 18, and the interface of the magnetization free layer 20 and the nonmagnetic interlayer 18. : Ta (10nm)

Tooth-back insertion layer 36 : Cu (1nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Thin film insertion layer 32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

It is the arrangement protective layer 22 about a sample K:Fe₅₀Co₅₀ thin-film insertion layer to the

interface of the interface of the magnetization fixing layer 16, the nonmagnetic interlayer's 18 interface and the magnetization free layer 20, the nonmagnetic interlayer 18 and the magnetization free layer 20, and the tooth-back insertion layer 36. : Ta (10nm)

Tooth-back insertion layer 36 : Cu (1nm)

Thin film insertion layer 32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

A part of magnetization free layer 20: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Thin film insertion layer 32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

Nonmagnetic interlayer 18 : Cu (3nm)

Thin film insertion layer 32 : Fe₅₀Co₅₀ (1nm)

A part of magnetization fixing layer 16: Co₉₀Fe₁₀ (4nm)

Antiferromagnetism layer 14 :P. tMn (15nm)

The 2nd substrate layer 12 : NiFeCr (5nm)

The 1st substrate layer 12 : Ta (5nm)

Consequently, increase of ΔR was acquired as compared with Samples F and G ($\Delta R=1.2$ (momegamum²)) and Sample I ($\Delta R=1.1$ (momegamum²)) which were as high as 1.7 (momegamum²) as expected in 1.3 (momegamum²) and Sample K in Sample J as for ΔR , and inserted one layer of thin film insertion layers in it.

[0134] (The 19th example) In this example, the top mold spin bulb structure which has arranged the antiferromagnetism layer 14 which was illustrated to drawing 2 to the up side was manufactured, and the property was evaluated. Consequently, the enhancement effect of the magnetic-reluctance variation by the thin film insertion layers 32 and 34 and the tooth-back insertion layer 36 was accepted like each example mentioned above.

[0135] (The 20th example) In this example, the effectiveness of the thin film insertion layers 32 and 34 in the magneto-resistive effect component of "laminating ferry structure" and the tooth-back insertion layer 36 was checked.

[0136] Drawing 3 is a mimetic diagram showing an example of the cross-section structure of the magneto-resistive effect component of laminating ferry structure. That is, the laminating of 1st magnetization fixing layer 16A and the 2nd magnetization fixing layer 16B is carried out through the anti-parallel binder course 40. Thus, also in the magneto-resistive effect component by which the magnetization fixing layer was made laminating ferry structure, the enhancement effect of the magnetic-reluctance variation by the thin film insertion layers 32 and 34 and the tooth-back insertion layer 36 was accepted like each example mentioned above.

[0137] Moreover, drawing 22 is a mimetic diagram showing other examples of the cross-section structure of the magneto-resistive effect component of laminating ferry structure.

[0138] Namely, the magneto-resistive effect component of this drawing The three-tiered structure of the lower electrode 54, the substrate layer 12, the antiferromagnetism layer 14, 1st magnetization fixing layer 16A and the anti-parallel binder course 40, the magnetization fixing layer 16 which has the three-tiered structure of 2nd magnetization fixing layer 16B and the nonmagnetic interlayer 18, 1st magnetization free layer 20A and the anti-parallel binder course 40, and 2nd magnetization free layer 20B It has the structure which carried out the laminating of the magnetization free layer 20 which it has, a protective layer 22, and the up electrode 52 to this order.

[0139] Thus, also in the magneto-resistive effect component by which the magnetization fixing layer 16 and the magnetization free layer 20 were made laminating ferry structure, respectively, the enhancement effect of the magnetic-reluctance variation by the thin film insertion layers 32 and 34 and the tooth-back insertion layer 36 was accepted like each example mentioned above.

[0140] (The 21st example) In this example, the effectiveness of the thin film insertion layer in the so-called "dual type" of magneto-resistive effect component and a tooth-back insertion layer was checked.

[0141] Drawing 23 is a mimetic diagram which illustrates the cross-section structure of the magneto-resistive effect component of a dual mold. That is, the magneto-resistive effect component of this drawing has the structure which carried out the laminating of the lower electrode 54, the substrate layer 12, antiferromagnetism layer 14 of ** 1st A, 1st magnetization fixing layer 16A, 1st nonmagnetic interlayer 18A, the magnetization free layer 20, nonmagnetic interlayer 18 of ** 2nd B, 2nd magnetization fixing layer 16B, 2nd antiferromagnetism layer 14B, a protective layer 22, and

the up electrode 52 to this order.

[0142] Also in the magneto-resistive effect component of such dual structure, like each example mentioned above, the enhancement effect of the magnetic-reluctance variation by the thin film insertion layers 32 and 34 and the tooth-back insertion layer 36 was accepted, and the 3 times [1.5 to] as many magnetic-reluctance variation of a standard magneto-resistive effect component which has the magnetization fixing layer and magnetization free layer of a pair as this was shown.

[0143] (The 22nd example) In this example, the effectiveness of the thin film insertion layer in the magneto-resistive effect component which a magnetization fixing layer and a magnetization free layer become from the layered product which carried out the laminating of a ferromagnetic layer and the non-magnetic layer by turns, respectively, and a tooth-back insertion layer was checked.

[0144] Drawing 4 is a mimetic diagram showing the cross-section structure of the magneto-resistive effect component of this example. That is, this magneto-resistive effect component has the structure which carried out the laminating of the magnetization free layer 20 which consists of a layered product which carried out the laminating of the magnetization fixing layer 16 which consists of a layered product which carried out the laminating of the lower electrode 54, the substrate layer 12, the antiferromagnetism layer 14, the ferromagnetic layer F, and the non-magnetic layer N by turns, the nonmagnetic interlayer 18, the ferromagnetic layer F, and the non-magnetic layer N by turns, a protective layer 22, and the up electrode 52 to this order.

[0145] In the magnetization fixing layer 16 magnetization free layer 20 of this component, the ferromagnetic layer F is carrying out ferromagnetic association through the non-magnetic layer N.

[0146] Also in the magneto-resistive effect component of such a laminated structure, the enhancement effect of the magnetic-reluctance variation by the thin film insertion layers 32 and 34 and the tooth-back insertion layer 36 was accepted like each example mentioned above. That is, in the case of this example, increase of magnetic-reluctance variation was accepted by considering as a presentation which was explained in each example which mentioned above either of two or more ferromagnetic layers F which constitute the magnetization fixing layer 16 and the magnetization free layer 20, respectively, and the thin film insertion layer of the crystal structure.

[0147] (The 23rd example) In this example, the effectiveness of the thin film insertion layer in the magneto-resistive effect component which a magnetization fixing layer and a magnetization free layer become from the layered product which carried out the laminating of two kinds of ferromagnetic layers F1 and F2 by turns, respectively, and a tooth-back insertion layer was checked.

[0148] Drawing 4 is a mimetic diagram showing the cross-section structure of the magneto-resistive effect component of this example. Namely, this magneto-resistive effect component The magnetization free layer 20 which consists of a layered product which carried out the laminating of the magnetization fixing layer 16 which consists of a layered product which carried out the laminating of the lower electrode 54, the substrate layer 12, the antiferromagnetism layer 14, the 1st ferromagnetic layer F1, and the 2nd ferromagnetic layer F2 by turns, the nonmagnetic interlayer 18, the 1st ferromagnetic layer F1, and the 2nd ferromagnetic layer F2 by turns, It has the structure which carried out the laminating of a protective layer 22 and the up electrode 52 to this order.

[0149] Also in the magneto-resistive effect component of such a laminated structure, the enhancement effect of the magnetic-reluctance variation by the thin film insertion layers 32 and 34 and the tooth-back insertion layer 36 was accepted like each example mentioned above. That is, in the case of this example, increase of magnetic-reluctance variation was accepted by considering as a presentation which was explained in each example which mentioned above either of the 1st [which constitutes the magnetization fixing layer 16 and the magnetization free layer 20, respectively], and 2nd ferromagnetic layers F1 and F2, and the thin film insertion layer of the crystal structure.

[0150] (The 24th example) Next, the magnetic-reproducing equipment which carried the magneto-resistive effect component of this invention is explained as the 24th example of this invention. That is, the magneto-resistive effect component of the perpendicular energization mold of this invention mentioned above about drawing 1 thru/or drawing 23 is included in the magnetic-head assembly of for example, record playback one apparatus, and can be carried in a magnetic recorder and reproducing device.

[0151] Drawing 24 is an important section perspective view which illustrates the outline configuration of such a magnetic recorder and reproducing device. That is, the magnetic recorder and

reproducing device 150 of this invention is equipment of the format which used the rotary actuator. In this drawing, a spindle 152 is equipped with the medium disk 200 for magnetic recording, and it rotates in the direction of an arrow head A by the motor which answers a control signal from the driving gear control section which is not illustrated and which is not illustrated. The magnetic recorder and reproducing device 150 of this invention is good also as a thing equipped with two or more medium disks 200.

[0152] moreover, the medium disk 200 -- the magnetization direction of a record bit -- a disk side and abbreviation -- the so-called thing of an parallel "recording method within a field" -- ***** -- or the magnetization direction of a record bit -- a disk side -- receiving -- abbreviation -- the thing of a perpendicular "vertical recording method" may be used.

[0153] The head slider 153 which performs record playback of the information stored in the medium disk 200 is attached at the tip of the thin film-like suspension 154. Here, the head slider 153 carries the magneto-resistive effect component or the magnetic head of a perpendicular energization mold which starts the gestalt of one of operations mentioned above, for example near [the] a tip.

[0154] Rotation of the medium disk 200 holds the medium opposed face (ABS) of the head slider 153 with the predetermined flying height from the front face of the medium disk 200. Or a slider may be the so-called "contact transit mold" in contact with the medium disk 200.

[0155] The suspension 154 is connected to the end of the actuator arm 155 which has the bobbin section holding the drive coil which is not illustrated etc. The voice coil motor 156 which is a kind of a linear motor is formed in the other end of an actuator arm 155. A voice coil motor 156 consists of a drive coil which was able to be wound up in the bobbin section of an actuator arm 155 and which is not illustrated, and a magnetic circuit which consists of a permanent magnet countered and arranged so that this coil may be put, and opposite York.

[0156] An actuator arm 155 is held by the ball bearing which was prepared in two upper and lower sides of a spindle 157 and which is not illustrated, and has come to be able to perform rotation sliding free with a voice coil motor 156.

[0157] Drawing 25 is the expansion perspective view which looked at the magnetic-head assembly of an actuator arm 155 to the point from the disk side. That is, the magnetic-head assembly 160 has the actuator arm 155 which has the bobbin section holding a drive coil etc., and the suspension 154 is connected to the end of an actuator arm 155. The head slider 153 possessing the perpendicular energization mold magneto-resistive effect component of this invention which was mentioned above about drawing 1 thru/or drawing 23 is attached at the tip of a suspension 154. A suspension 154 has the writing of a signal, and the lead wire 164 for reading, and this lead wire 164 and each electrode of the magnetic head included in the head slider 153 are connected electrically. 165 in drawing is the electrode pad of the magnetic-head assembly 160.

[0158] According to this invention, high reading of sensibility of magnetic-reluctance variation becomes possible greatly by providing the magneto-resistive effect component of a perpendicular energization mold which was mentioned above about drawing 1 thru/or drawing 23 . It becomes possible to read certainly the feeble signal magnetically recorded on the magnetic-recording medium disk 200 with recording density sharply higher than before as the result.

[0159] In the above, the gestalt of operation of this invention was explained, referring to an example. However, this invention is not limited to these examples. For example, it is included by the range of this invention, as long as it can carry out this invention similarly and the same effectiveness can be acquired about configurations and the quality of the materials, such as the concrete dimension relation and the concrete ingredient of each element which constitutes the magneto-resistive effect film, other electrodes, bias impression film, and an insulator layer, when this contractor chooses from a public domain suitably.

[0160] Moreover, as mentioned above, components, such as an antiferromagnetism layer in a magneto-resistive effect component, a magnetization fixing layer, a nonmagnetic interlayer, and a magnetization free layer, are good also as structure which could form as a monolayer, respectively or carried out the laminating of the two or more layers.

[0161] Moreover, in case the magneto-resistive effect component of this invention is applied to the magnetic head for playback, the magnetic head of record playback one apparatus is obtained by adjoining this, writing in and preparing the magnetic head of business.

[0162] Furthermore, the so-called fixed thing regularly equipped with the specific magnetic-recording medium is sufficient as the magnetic-reproducing equipment of this invention, and, on the other hand, the so-called thing of the "removable" method which can substitute a record medium is sufficient as it.

[0163] Furthermore, the magneto-resistive effect component of this invention uses and is suitable also for magneto-resistive effect memory (MRAM).

[0164] In addition, all the magneto-resistive effect components, the magnetic head, and the magnetic storage regenerative apparatus which this contractor can carry out by carrying out a design change suitably also belong to the range of this invention similarly based on the magnetic head and the magnetic storage regenerative apparatus which were mentioned above as a gestalt of operation of this invention.

[0165]

[Effect of the Invention] As explained in full detail above, by inserting the thin film insertion layer or tooth-back insertion layer which has a peculiar presentation or the peculiar crystal structure in the magneto-resistive effect film of the magneto-resistive effect component of the perpendicular energization mold which has this invention ***** and spin bulb structure, big resistance variation is obtained and reading of the high sensitivity which was not able to be realized can be realized with the perpendicular energization mold magneto-resistive effect component of the conventional spin bulb structure.

[0166] As the result, high-speed magnetic-recording playback is attained with recording density higher than before, and the merit on industry is great.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

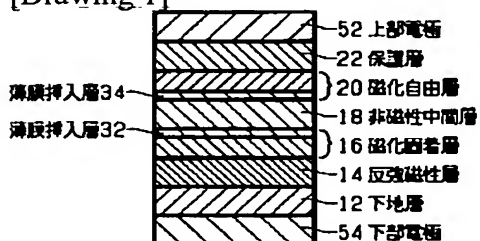
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

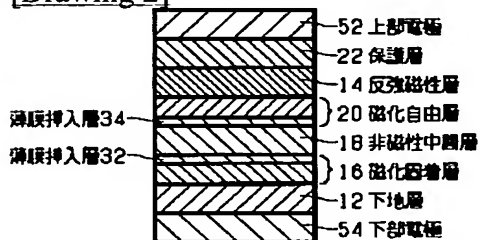
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

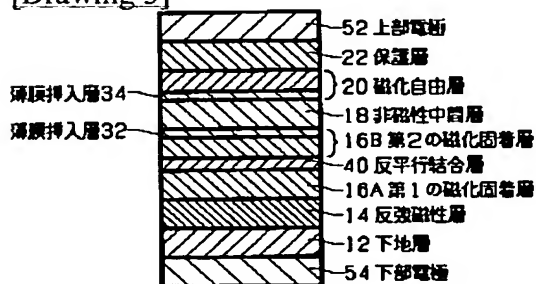
[Drawing 1]



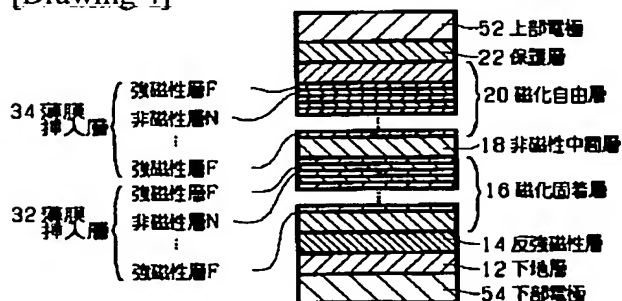
[Drawing 2]



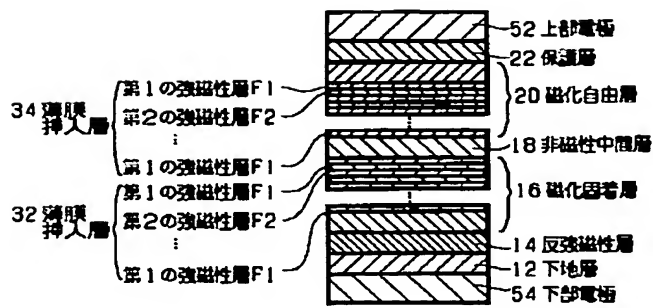
[Drawing 3]



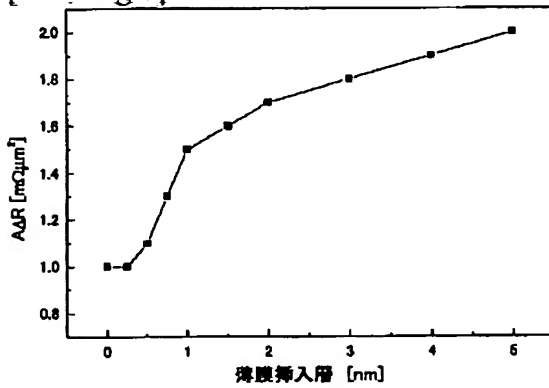
[Drawing 4]



[Drawing 5]



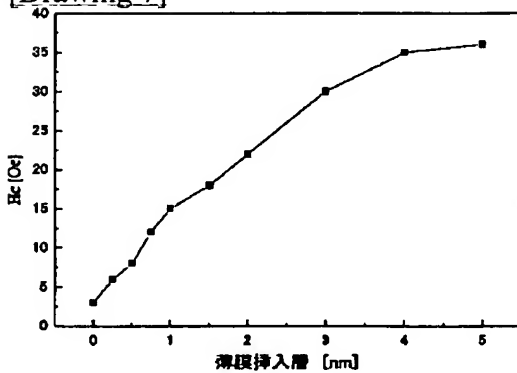
[Drawing 6]



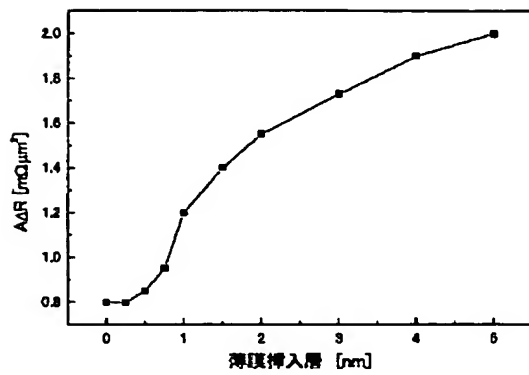
[Drawing 14]



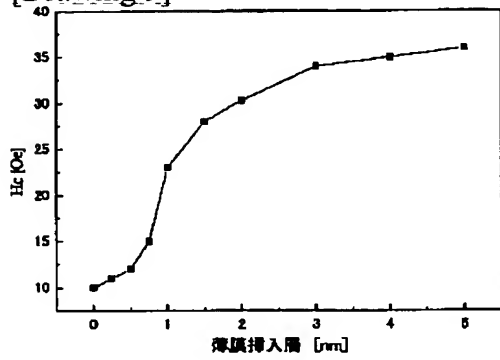
[Drawing 7]



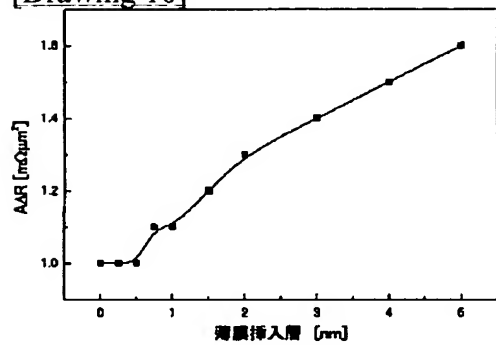
[Drawing 8]



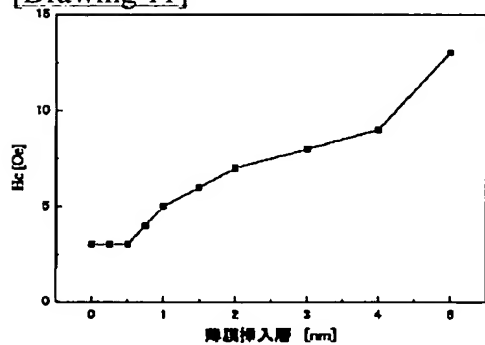
[Drawing 9]



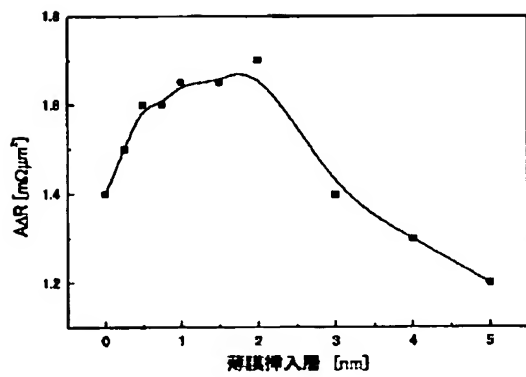
[Drawing 10]



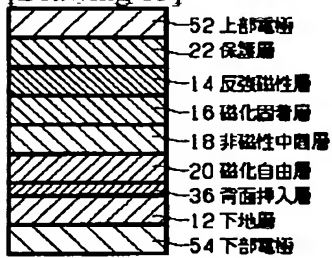
[Drawing 11]



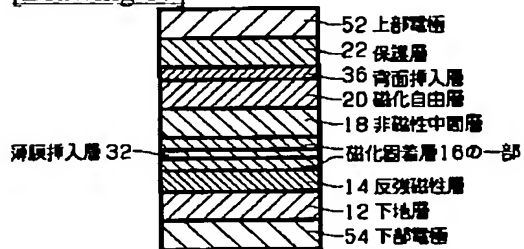
[Drawing 12]



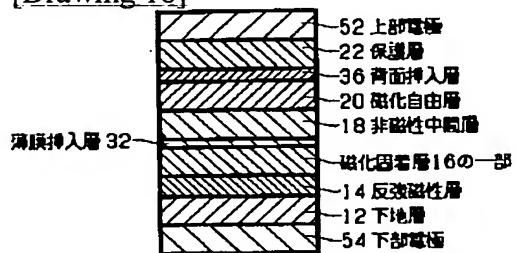
[Drawing 15]



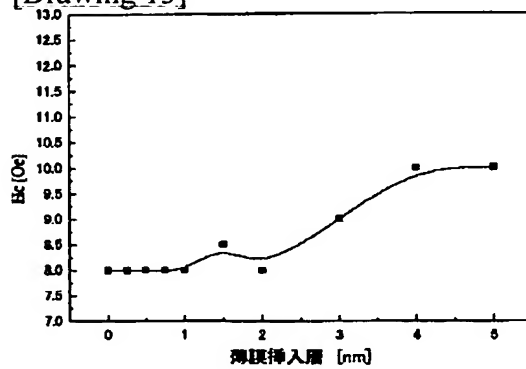
[Drawing 17]



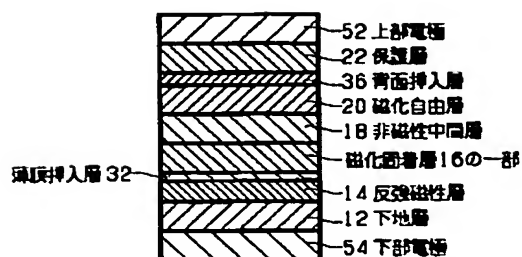
[Drawing 18]



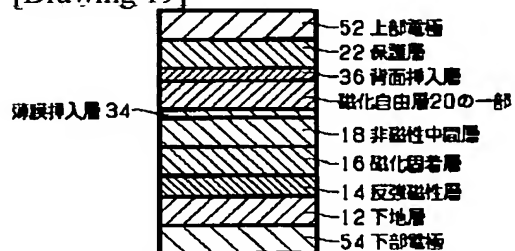
[Drawing 13]



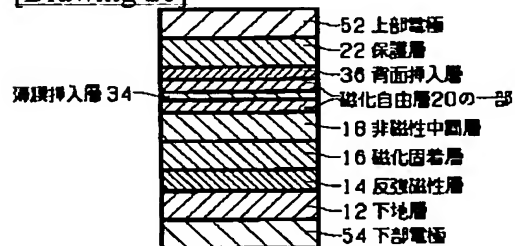
[Drawing 16]



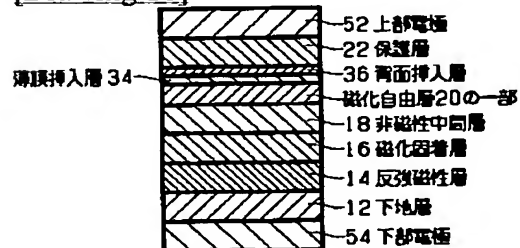
[Drawing 19]



[Drawing 20]



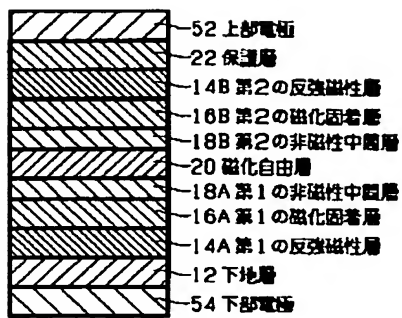
[Drawing 21]



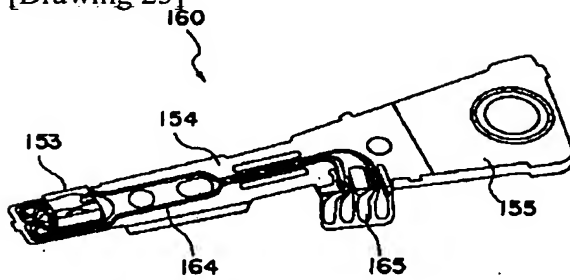
[Drawing 22]



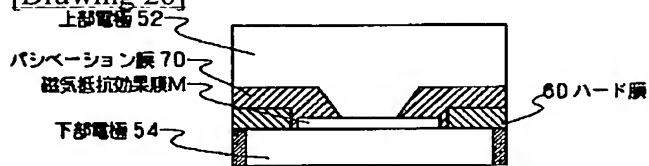
[Drawing 23]



[Drawing 25]



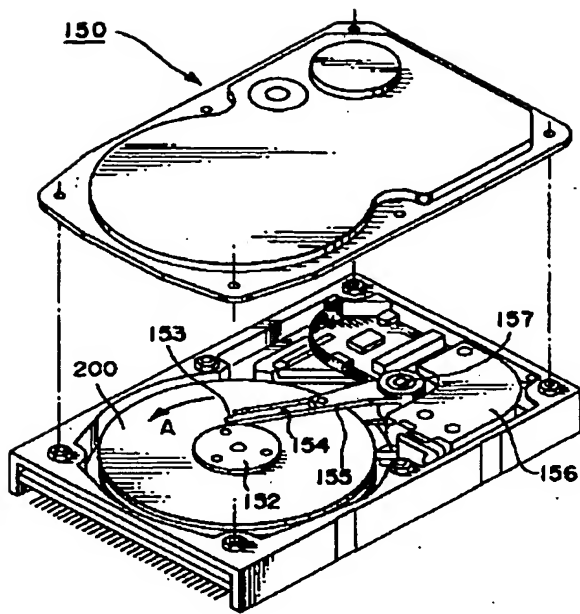
[Drawing 26]



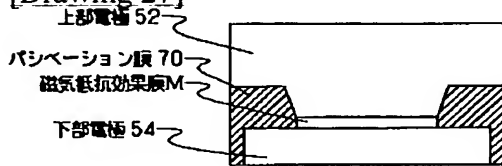
[Drawing 28]



[Drawing 24]



[Drawing 27]



[Translation done.]